



**NÍVEIS DE DEPOSIÇÃO DE PRODUTOS LÍQUIDOS  
COM APLICAÇÃO AÉREA UTILIZANDO  
ADJUVANTES**

**ROBERTO DE OLIVEIRA SANTOS**

**2007**

**ROBERTO DE OLIVEIRA SANTOS**

**NÍVEIS DE DEPOSIÇÃO DE PRODUTOS LÍQUIDOS  
COM APLICAÇÃO AÉREA UTILIZANDO  
ADJUVANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador  
Prof. Dr. Wellington Pereira Alencar de Carvalho

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Roberto de Oliveira.

Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea  
utilizando adjuvantes / Roberto de Oliveira Santos. -- Lavras : UFLA, 2007.  
83 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Wellington Pereira Alencar de Carvalho.

Bibliografia.

1. Tecnologia de aplicação. 2. Aviação agrícola. 3. Deriva. 4. Adjuvantes.  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.3  
– 631.34

**ROBERTO DE OLIVEIRA SANTOS**

**NÍVEIS DE DEPOSIÇÃO DE PRODUTOS LÍQUIDOS  
COM APLICAÇÃO AÉREA UTILIZANDO  
ADJUVANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 28 de agosto de 2007**

**Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha**

**UFU**

**Dr. Nilson Salvador**

**UFLA**

**Prof. Dr. Wellington Pereira Alencar de Carvalho**

**UFLA**

**(Orientador)**

**LAVRAS**

**Minas Gerais - BRASIL**

**2007**

*“... não se pode tentar mais nada do que estabelecer o princípio e a direção de uma estrada infinitamente longa. A pretensão de qualquer plenitude sistemática e definitiva seria, pelo menos, uma auto-ilusão”.*

*Georg Simmel*

*Aos meus queridos pais, Aparecido e Olinda, com muito amor,*

**DEDICO**

*Aos meus irmãos, Wilson, Cláudio e Edgar; às minhas cunhadas, Carla, Sayonara e Joice e aos meus queridos sobrinhos, Edgar Júnior e César, com todo carinho,*

**OFEREÇO.**

## AGRADECIMENTOS

*“Com a sabedoria fiz progressos, e por isso vou agradecer a quem concedeu-me”. Eclo 52,17*

Agradeço a Deus, por ter me propiciado mais esta oportunidade e por ter me dado coragem e determinação para chegar ao fim de mais uma etapa.

Aos meus pais, pelo apoio, carinho e por estarem sempre comigo quando precisei. Aos meus queridos sobrinhos que, ao me darem um sorriso lindo ou um abraço, deram-me força para seguir minha luta e motivação em vencer. Aos meus irmãos e cunhadas, pelo carinho e apoio incondicional, enfim, a todos os meus familiares, que sempre me incentivaram e apoiaram, contribuindo com suas valiosas amizades para que eu pudesse continuar.

Ao professor Wellington Pereira Alencar de Carvalho, pela orientação, amizade, pelas críticas construtivas e sugestões, por contribuir para que este trabalho pudesse ser realizado e, ainda, pelos valiosos ensinamentos e apoio constante nesta jornada.

À equipe da empresa Aeroagrícola Vilela, pela confiança, amizade e auxílio na condução dos ensaios.

Às empresas International Paper do Brasil Ltda., Spraytec Fertilizantes Ltda, representada pelo engenheiro agrônomo Júlio R. Fagliari, e Inquima Ltda., pelo apoio na realização dos ensaios.

À empresa Comam, em especial ao engenheiro Paulo Coutinho, por sua valiosa ajuda e amizade, que nos emprestou um programa computacional para a leitura da deposição do ensaio, podendo, com isso, auxiliar e comparar resultados com outros programas disponíveis.

Aos companheiros de mestrado e doutorado, pelas experiências e conhecimentos compartilhados durante a realização do curso e pelos momentos de descontração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia e a todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos e convivência. Em especial, quero lembrar os professores Ph.D. Renê Luiz de O. Rigitano, Dr. Antônio Augusto, Dra. Maria Cristina C. Tourino, Dr. Nilson Salvador e Dr. Jackson Antônio Barbosa que, com sua experiência, me mostraram como alcançar objetivos, tendo sempre responsabilidade e dedicação.

Aos pesquisadores Dr. Hamilton H. Ramos e Dr. João Paulo R. Arantes da Cunha, pela atenção e valiosa ajuda na resolução dos problemas encontrados nas análises dos papéis hidrossensíveis.

Ao engenheiro agrônomo Eduardo Cordeiro de Araújo, por analisar as amostras com seu programa particular e que, com seus resultados, forneceu mais confiança aos resultados obtidos com o programa usado no projeto.

Ao mestrando Antônio Elizeu da Rocha, pela amizade, companheirismo e auxílio nas análises das imagens com o programa Image J e ao amigo Flávio Damasceno, pela amizade e auxílio de grande valor na preparação da apresentação da defesa, desenhando e programando em flash.

À secretária Ana Daniela dos Santos, pela amizade, gentileza, atenção e sorriso sempre aberto para me atender.

Aos companheiros de república, Rodrigo E. de Oliveira e Dalton Mendes, e a todas as pessoas amigas desta cidade maravilhosa, que me acolheram e com as quais fiz amizade, pelo apoio, incentivo e momentos de descontração.

Ao CNPq, pela bolsa cedida e intenso incentivo à pesquisa.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de realização do mestrado.

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1 Tecnologia de aplicação.....	4
2.2 Espectro de gotas .....	4
2.3. Diâmetro de gotas .....	5
2.4. Volume de calda .....	6
2.5. Densidade de gotas .....	7
2.6. Condições ambientais .....	8
2.7. Variação diária da temperatura do ar.....	9
2.8. Variação diária da umidade relativa do ar .....	11
2.9. Evaporação .....	12
2.10. Estabilidade do ar.....	14
2.10.1. Transporte de calor no ar junto ao solo.....	14
2.10.2. Estabilidade e instabilidade .....	15
2.11. Velocidade e direção do vento.....	17
2.12. Deslocamento das gotas.....	18
2.13. Equipamento de monitoramento de fatores climáticos.....	20
2.14 Adjuvantes - definição e classificação .....	23
2.14.1 Ativadores .....	24
2.14.2 Modificadores de mistura .....	25
2.14.3 Condicionadores .....	26
2.15. Influência dos adjuvantes nas pulverizações .....	27
2.15.1. Influência na formação das gotas.....	27
2.15.2. Influência nas características das gotas.....	29
2.15.3. Influência na deriva .....	29
2.15.4. Influência na deposição sobre as plantas .....	30
2.16. Óleos emulsionáveis .....	31
2.17. Óleos minerais .....	32
2.18. Óleos vegetais.....	33
2.19. Fertilizantes nitrogenados .....	34
2.20. Adjuvantes especiais.....	35
2.20.1. Adesivos .....	35
2.20.2. Anti-evaporantes.....	36
2.20.3. Espalhante-adesivo .....	36
2.20.4. Alkyl polyglucosides (açucares).....	37

2.20.5. Acidificantes .....	38
2.20.6. Espessantes .....	39
2.20.7. Redutores de deriva .....	39
2.20.8. Rebaixadores de fitotoxicidade.....	40
2.20.9. Filtro solar.....	40
2.20.10. Detergentes domésticos .....	40
2.21. Utilização dos adjuvantes na quimigação .....	41
2.22. Surfactantes.....	43
2.22.1. Surfactantes iônicos .....	45
2.22.2. Surfactantes não-iônicos .....	45
2.22.3. Surfactantes anfotéricos .....	46
2.23. Propriedades físico-químicos dos surfactantes .....	47
2.23.1. Tensão Superficial .....	47
2.23.2. Molhamento .....	48
2.24. Vantagens e desvantagens do uso dos surfactantes .....	51
2.25. Surfactantes organo-siliconados .....	52
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	55
3.1 Local do experimento e equipamentos utilizados .....	55
3.2 Produtos analisados.....	55
3.3 Determinação da densidade e tamanho de gotas.....	57
3.4 Determinação da largura de faixa efetiva .....	60
3.5 Delineamento experimental .....	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
4.1 Monitoramento das condições climáticas .....	63
4.2 Densidade e tamanho de gotas.....	64
4.3 Efeito dos adjuvantes em relação ao arraste de gotas pelo vento .....	68
4.4 Largura de faixa efetiva .....	70
5 CONCLUSÕES .....	77
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	78
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
% p/v	Porcentagem de peso por volume
% v/v	Porcentagem de volume por volume
CV	Coefficiente de variação
DAA	Dias após aplicação
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
N cm <sup>-1</sup>	Newton por centímetro
DMN	Diâmetro mediano numérico
DMV	Diâmetro mediano volumétrico
Dpi	Dots per inch
EUA	Estados Unidos da América
G	Gramma
gotas cm <sup>-2</sup>	Gotas por centímetro quadrado
H	Hora
km h <sup>-1</sup>	Quilômetros por hora
l	Litros
l ha <sup>-1</sup>	Litros por hectare
M	Metros
m s <sup>-1</sup>	Metros por segundo
ml	Mililitros
Mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
Mph	Milhas por hora
°C	Grau Celsius
Ph	Potencial hidrogeniônico
PLP	Período livre de precipitação
S	Segundo
Seg	Segundos
T	Temperatura
U.V.	Ultravioleta
UFPA	Universidade Federal de Lavras
UR	Umidade relativa
ΔT	Variação de temperatura
Mg	Micrograma
Mm	Micrômetro

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Influência da temperatura e da umidade relativa do ar.....	8
FIGURA 2 - Ponto de inversão térmica.....	16
FIGURA 3 - Estabilidade do ar: Estável/Instável.....	16
FIGURA 4 - Deriva causada pelo vento (aerotransportada).....	19
FIGURA 5 - Deriva por vapor.....	20
FIGURA 6 - Equipamento de bolso utilizado no monitoramento de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar.....	22
FIGURA 7 - Estação meteorológica portátil da marca Davis, modelo Weather, Monitor II e Termohigrógrafo.....	22
FIGURA 8 - Pulverização formada pelo bico jato plano: (A) calda com água + 0,5% de surfactante; (B) calda somente com água e (C) calda com água + formulação concentrado emulsionável.....	28
FIGURA 9 - Pulverização formada pelo bico jato plano com indução de ar: (A) calda com água + 0,5% de surfactante; (B) calda somente com água e (C) calda com água + formulação concentrado emulsionável.....	28
FIGURA 10 - Diâmetro mediano volumétrico produzido por dois bicos jato plano (leque), em função do tipo de líquido utilizado.....	29
FIGURA 11 - Influência do vento, no deslocamento das gotas produzidas por um bico tipo jato plano (leque) "02" com indução de ar, em função do tipo de líquido aplicado, medido em túnel de vento (velocidade do vento de $2,0 \text{ m s}^{-1}$ ).....	30
FIGURA 12 - Efeito da aplicação de adjuvantes na cobertura de folhas de cevada, cultivadas em casa-de-vegetação.....	31
FIGURA 13 - Concentração média de clorpirifós ( $\mu\text{g clorpirifós.g material}^{-1}$ ) nas folhas de milho e na superfície do solo.....	42
FIGURA 14 - Efeito da adição de surfactante na diminuição da tensão superficial.....	49
FIGURA 15 - Gota aplicada sobre a folha sem surfactante e com surfactante...	50
FIGURA 16 - Pontas de jato plano XR 8008 VB instaladas na barra de pulverização da aeronave Air Tractor AT-401B.....	56

FIGURA 17 - Equipamento de apoio utilizado nos ensaios .....	56
FIGURA 18 - Coleta dos papéis hidrossensíveis e armazenamento em embalagem hermética.....	59
FIGURA 19 - Software de análise dos parâmetros de pulverização.....	59
FIGURA 20 - Planilha eletrônica desenvolvida pelo pesquisador Christofolletti (2001).....	62
FIGURA 21 – Faixa de deposição total dos adjuvantes Fulltec® (a), Emultec plus® (b), Antideriva® (c) e da água como testemunha (d). .....	69
FIGURA 22 – Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com água em vôos no mesmo sentido e sentidos alternados. ....	73
FIGURA 23 - Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com o adjuvante Fulltec® em vôos no mesmo sentido e sentidos alternados. ....	74
FIGURA 24 - Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com o adjuvante Emultec plus® em vôos no mesmo sentido e sentidos alternados. ....	75
FIGURA 25 - Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com o adjuvante Antideriva® em vôos no mesmo sentido e sentidos alternados. ....	76

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Influência do diâmetro das gotas na pulverização. ....	5
TABELA 2 - Densidade das gotas em função das classes de produtos. ....	7
TABELA 3 - Tempo de vida das gotas. ....	13
TABELA 4 - Efeito de diferentes surfactantes sobre a tensão superficial da água. ....	48
TABELA 5 - Tensão superficial e molhamento relativo das soluções surfactantes em relação ao tipo de superfície. ....	50
TABELA 6 - Efeito do surfactante organo-siliconado sobre a atividade de glyphosate submetido a diversos intervalos de chuva após a aplicação, com relação ao rebrote de <i>Lolium perenne</i> . ....	53
TABELA 7 - Condições climáticas durante as aplicações aéreas. ....	63
TABELA 8 – Influência dos adjuvantes analisados no diâmetro mediano volumétrico e densidade de gotas, coletadas em papéis hidrossensíveis. ....	64
TABELA 9 - Diâmetro mediano volumétrico e densidade de gotas para cada faixa climática em estudo. ....	65
TABELA 10 – Desempenho dos adjuvantes Fulltec®, Emultec plus® e Antideriva® dentro de cada faixa climática. ....	67

## RESUMO

SANTOS, Roberto de Oliveira. **Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes**. 2007. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.<sup>1</sup>

A utilização de aeronaves agrícolas tem proporcionado maior flexibilidade ao manejo de implantação de culturas a reduzidos custos. Os adjuvantes podem auxiliar as pulverizações com maior segurança e qualidade na deposição de produtos fitossanitários, reduzindo contaminações decorridas por deriva. Neste contexto, procurou-se desenvolver um estudo avaliativo dos efeitos da adição de diferentes adjuvantes à calda de pulverização e sua influência na faixa de distribuição de aplicações aéreas e no risco potencial de deriva. Três adjuvantes foram avaliados e uma testemunha (água pura). Para isso, utilizou-se uma aeronave Air Tractor AT-401B, dotada de 76 bicos hidráulicos de jato plano XR 8008 VB. A determinação constituiu-se na verificação da densidade e no tamanho de gotas. Para a coleta, utilizaram-se papéis hidrossensíveis e as amostras foram analisadas com o software e-Sprinkle. Com exceção do Emultec plus®, a adição de adjuvante à calda de pulverização melhorou a deposição em momentos de temperaturas maiores e umidades relativas menores e elevou a densidade e o tamanho de gotas, em comparação com a testemunha, resultando em uma faixa efetiva mais uniforme e uma aplicação com menor risco de deriva e, subseqüentemente, menor contaminação ambiental.

---

<sup>1</sup>Orientador: Wellington Pereira Alencar de Carvalho – DEG/UFLA

## ABSTRACT

SANTOS, Roberto de Oliveira. **Levels of deposition of liquid products with aerial application using adjuvants.** 2007. 83 p. Dissertation (Master degree in Agricultural Engineering) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

The use of agricultural aircrafts has been providing larger flexibility to the handling of implantation of cultures at reduced costs. The adjuvants can aid the spray with a larger safety and quality in the deposition of pesticide products reducing contaminations elapsed by drift. In this context, study evaluation of the effects of the addition of different adjuvants to the spray and your influence of distribution of aerial applications and in the potential risk of drift. Three adjuvants were appraised and the water. An aircraft Air Tractor AT-401B was used endowed with 76 hydraulic nozzles of plane jet XR 8008 VB. The density and in the size of drops was determined. For the collection it was used water sensitive paper and the samples were analyzed with the software e-Sprinkle. Except for the Emultec plus®, the adjuvants addition to the spray improved the deposition in moments of larger temperatures and smaller relative humidities, what increased the density and the size of drops when compared with the water, resulting in an effective more uniform and an application with smaller drift risk and, subsequently a smaller environmental contamination.

---

<sup>1</sup>Adviser: Wellington Pereira Alencar de Carvalho – DEG/UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de aeronaves agrícolas é importante quando se deseja otimizar a atividade agrícola e proporcionar maior flexibilidade ao manejo de implantação das culturas a reduzidos custos. Durante o cultivo das lavouras, são realizadas algumas aplicações de defensivos no combate de plantas daninhas, doenças e pragas que prejudicam a produção e a rentabilidade dessa atividade.

A ação dos defensivos agrícolas é, em geral, dependente de constituintes da calda de pulverização que, embora não compondo o ingrediente ativo, melhoram sua eficácia (Cunha & Carvalho, 2005). Esses constituintes são muito conhecidos como adjuvantes.

A história da agricultura está cheia de referências a adjuvantes. Não surpreendentemente, as razões por usar elementos aditivos eram, em princípio, as mesmas de hoje: melhorar os efeitos biológicos do produto, modificando as características físicas da solução aplicada. Já nos séculos XVIII e XIX, houve tentativas de melhorar o “aderimento” de enxofre, cobre e arsenatos com resinas, farinha, melados, açúcar e leite (Helena Chemical Company, 2007).

Os adjuvantes incluem diversos compostos, tais como: a) emulsificantes, substâncias que promovem a suspensão coloidal de um líquido em outro; b) surfactantes, compostos que favorecem a emulsificação, dispersão, molhabilidade ou que modificam alguma outra propriedade dos líquidos; c) agentes molhantes, substâncias que reduzem as tensões interfaciais e facilitam melhor contato entre as gotas e as superfícies tratadas; d) óleos minerais ou vegetais, constituídos pela mistura pré-formulada de óleos, surfactantes e emulsificantes; e) compostos nitrogenados, substâncias orgânicas ou inorgânicas que melhoram as propriedades da calda de aplicação e ou facilitam a absorção dos herbicidas e f) silicones, compostos orgânicos que apresentam propriedades mais acentuadas do que os surfactantes (Recomendações técnicas..., 1999).

Como existe uma série de produtos disponível no mercado, isso, muitas vezes, dificulta a seleção por parte dos técnicos. O efeito dos adjuvantes nas aplicações é um processo complexo, que envolve muitos aspectos físicos, químicos e fisiológicos (Chow, 1993, citado por Cunha & Carvalho, 2005).

Alguns adjuvantes, como os espalhantes adesivos, criam uma barreira de proteção, proporcionando redução nas perdas por degradação, volatilização e lavagem da parte aérea das plantas por águas pluviais, melhorando o desempenho de inseticidas, fungicidas e herbicidas. A formulação de defensivos agrícolas preparados com esta classe de adjuvantes, como diluentes, deve ser considerada na busca de técnicas que visem melhorar a eficiência, racionalizar o controle químico e minimizar contaminações ambientais (Corrêa, 2005).

Quando é adicionado um adjuvante com propriedades de reduzir a deriva à calda de pulverização, aumenta-se a viscosidade dessa calda, diminuindo a fragmentação das gotas, tornando-as um pouco maiores. Ao aumentar o tamanho dessas gotas, diminuem-se as influências das condições climáticas desfavoráveis a uma melhor qualidade da aplicação, parâmetros estes que estão diretamente relacionados à deriva.

Anualmente, são registrados vários casos de contaminação ambiental e prejuízos por injúrias ocorridas por derivas não controladas. Em muitos casos, durante a aplicação pode ocorrer o desvio do produto em relação ao alvo, ocorrendo a chamada deriva. Deriva é o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado para aplicação (Okzan, 2000; Schröder, 2003). A deriva reduz o efeito do produto, uma vez que a dose aplicada será menor, além de causar prejuízos econômicos, quando atinge culturas próximas da área de aplicação. Os problemas podem ser reduzidos se a aplicação for realizada sob condições climáticas adequadas e com os equipamentos bem regulados.

A deriva é indesejável porque resulta em ineficiência do tempo de trabalho do operador e redução da capacidade operacional do equipamento. Ela pode levar a uma subdosagem do produto e, conseqüentemente, a um controle ineficaz do problema, exigindo aplicações adicionais. Dessa forma, os custos de produção podem aumentar. A deriva pode causar perdas financeiras com ações na justiça por danos a culturas sensíveis adjacentes, contaminação não intencional de produtos comestíveis por resíduos do defensivo, contribuindo para a poluição do ar e recursos de água, dentre outros (Agrolink, 2006).

A adição de adjuvantes na calda de pulverização pode reduzir a ocorrência de derivas, considerada um dos principais problemas em aplicações de defensivos agrícolas, bem como o monitoramento da temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento. Esse monitoramento pode ser feito por equipamentos adequados e portáteis.

As elevadas temperaturas e baixas umidades relativas do ar ocasionam maior diminuição das gotas por evaporação. As gotas reduzidas ficam mais susceptíveis ao carregamento pelo vento (deriva), em que a direção poderá carregá-las para áreas sensíveis e a velocidade determinará a distância percorrida. Porém, uma das causas de deriva é a ocorrência de instabilidade atmosférica que ocorre logo após o nascer do sol e à tarde, pouco antes do pôr do sol (Ozeki, 2006). Esse fator climático dificilmente é percebido, exigindo do aplicador experiência e maior cuidado, a fim de não fazer a aplicação durante esse momento.

Nesse contexto, fez-se o estudo avaliativo dos efeitos da adição de diferentes adjuvantes à calda de pulverização e sua influência sobre a faixa de distribuição de aplicações aéreas e seu efeito na redução do risco potencial de deriva.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Tecnologia de aplicação**

Quando se abordam os termos “tipo” ou “qualidade” da pulverização, a referência está na caracterização da mesma com respeito ao tamanho e ao espectro das gotas produzidas pelo equipamento utilizado. Esses dados são importantes para que se tenha uma previsão do comportamento dessa pulverização em relação à cobertura do alvo desejado e, principalmente, do potencial de perdas e deriva em situações operacionais mais críticas, tais como: vento, temperatura e umidade relativa do ar. Para a análise de uma pulverização, alguns itens importantes devem ser verificados a seguir.

### **2.2 Espectro de gotas**

Uma nuvem de partículas de pulverização, gerada pelos bicos hidráulicos ou atomizadores rotativos, é constituída por gotas de diferentes diâmetros. Sua distribuição, em porcentagem, é feita por classes de tamanhos e forma o espectro de gotas.

O espectro característico emanado da maioria dos equipamentos de pulverização é constituído por um número maior de gotas pequenas e um reduzido número de gotas grandes. A porcentagem de gotas pequenas, assim como a das grandes, permanece mais ou menos constante, o que sugere a formação de um histograma (Ozeki & Kunz, [198-]).

Uma vez que a pulverização produzida por qualquer dispositivo é constituída por gotas de diferentes tamanhos, há a necessidade de se usar critérios técnicos para a sua análise e, inclusive, para a sua quantificação, podendo-se, dessa forma, compará-la a outras, produzidas por outros equipamentos.

### 2.3 Diâmetro de gotas

A qualidade da cobertura e, portanto, a eficiência biológica da aplicação estão na dependência direta do diâmetro das gotas. Numa pulverização, o diâmetro de gota influencia o nível de cobertura e também estabelece o seu comportamento quanto à distância de deslocamento (deriva), penetração na folhagem, perda por evaporação e, conseqüentemente, taxa de recuperação.

Muitos estudos foram realizados para definir o tamanho adequado de gotas para os diferentes tipos de aplicação. Trabalhos de laboratório com equipamentos que produzem gotas mais uniformes e posteriores ensaios e observações de campo auxiliam nas informações que servem de orientação quando se pretende selecionar o tipo e a condição de aplicação (Christofoletti, 1988). A seleção do diâmetro das gotas influencia também na distribuição da calda aplicada sobre o alvo a tratar (inseto, planta ou solo), de acordo com a Tabela 1.

**TABELA 1 - Influência do diâmetro das gotas na pulverização.**

<b>GOTAS GRANDES</b>	<b>GOTAS PEQUENAS</b>
Poucas gotas	Muitas gotas
Menos deriva	Mais deriva
Menor distribuição no alvo	Maior distribuição no alvo
Menor penetração na cultura	Maior penetração na cultura
Menor faixa efetiva de vôo	Maior faixa efetiva de vôo
Evaporação menos intensa	Evaporação mais intensa

Fonte: Christofoletti, 1988.

## 2.4 Volume de calda

O volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores. O volume de calda influencia também a eficiência operacional da aplicação, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera, significativamente, a capacidade operacional dos pulverizadores (número de hectares tratados por hora).

Usualmente, as aplicações de volume muito pequeno acabam sendo realizadas com gotas muito finas, o que aumenta o risco de perdas, principalmente por evaporação ou deriva. Por outro lado, volumes altos podem ocasionar saturação da calda sobre as folhas e escorrimento. Em geral, recomenda-se que as aplicações em volumes muito baixos sejam realizadas com metodologias de controle da evaporação da água ou, mesmo, a substituição da água por outro meio. Um exemplo dessa técnica é o emprego de óleo como aditivo nas aplicações em baixo volume. Antuniassi et al. (2004) citam que o volume de calda médio usado para aplicações terrestres de herbicidas na cultura da soja, considerando todas as principais regiões produtoras no Brasil, é da ordem de 120 l ha<sup>-1</sup>. Entretanto, dados práticos de campo mostram que este valor varia bastante quando se trata da aplicação de inseticidas e fungicidas.

Por exemplo, na aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem ou de doenças de final de ciclo da soja, as aplicações terrestres podem consumir de 100 a 300 l ha<sup>-1</sup>, dependendo da região. No caso das aplicações aéreas, os valores para os diferentes tipos de defensivos variam, em média, entre 5 e 30 l ha<sup>-1</sup>.

Christofolletti (1988) apresenta algumas recomendações de volume de calda que devem ser seguidas como orientação para aplicação aérea. São elas:

- a) formulações de herbicida diluídas em água, pré-emergência: 30 a 50 l ha<sup>-1</sup>;
- b) formulações de herbicida diluídas em água, pós-emergência: 20 a 40 l ha<sup>-1</sup>;
- c) formulações de fungicidas diluídas em água: 20 a 40 l ha<sup>-1</sup>;
- d) formulações de inseticidas diluídas em água: 10 a 20 l ha<sup>-1</sup> e
- e) formulações a ultrabaixo volume de inseticidas: 1 a 3 l ha<sup>-1</sup>.

## 2.5. Densidade de gotas

A densidade das gotas é expressa em número de gotas por centímetro quadrado e constitui o parâmetro mais fácil de ser determinado, sendo um dos principais parâmetros para se estabelecer a qualidade de uma aplicação. A eficiência de uma maior ou menor densidade de gotas está ligada à forma de ação do defensivo (sistêmico, de contato, etc.).

Segundo Ozeki & Kunz, [198-], realizaram-se experimentações em vários países e, assim, pôde-se determinar a densidade das gotas necessárias para se obter resultados satisfatórios com diferentes classes de produtos. Na Tabela 2 é apresentada a densidade das gotas em função das classes de produtos necessária para uma aplicação química satisfatória.

**TABELA 2** - Densidade das gotas em função das classes de produtos.

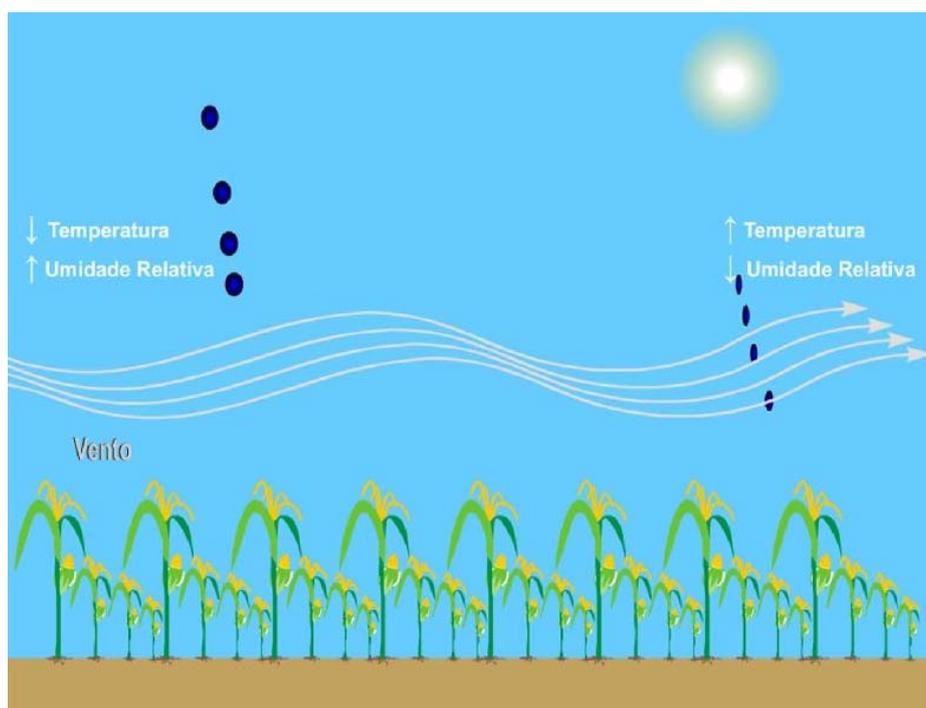
<b>CLASSE DE PRODUTOS</b>	<b>DENSIDADE DAS GOTAS</b> (gotas cm <sup>-2</sup> )
Inseticidas	20 a 30
Herbicidas pré-emergentes	20 a 30
Herbicidas pós-emergentes	30 a 40
Fungicidas sistêmicos	30 a 40
Fungicida de contato	>70

Fonte: Ozeki & Kunz, [198-].

## 2.6 Condições ambientais

O sucesso do tratamento está condicionado à adequação da tecnologia de aplicação às condições climáticas no momento em que ela é feita. Para a maioria dos casos, devem ser evitadas aplicações com umidade relativa inferior a 50% e temperatura ambiente maior que 30°C. No caso do vento, o ideal é que as aplicações sejam realizadas com vento entre 3 e 10 km h<sup>-1</sup>. Ausência de vento também pode ser prejudicial, em função da chance de ocorrer uma inversão térmica, o que dificulta a deposição das gotas pequenas (Antuniassi, 2005).

O início da manhã, o final da tarde e a noite são períodos em que, normalmente, a umidade relativa é maior e a temperatura é menor, sendo considerados mais adequados para as aplicações (Figura 1).



**FIGURA 1** - Influência da temperatura e da umidade relativa do ar

Do ponto de vista prático, é possível e recomendável a utilização de gotas finas nesses horários. Porém, é necessário um monitoramento das condições ambientais com o passar das horas do dia, pois, no caso de haver um aumento considerável da temperatura (com redução da umidade relativa), o padrão de gotas precisa ser mudado (passando-se a usar gotas maiores). Neste caso, o volume de aplicação, poderá também ser aumentado para não haver efeito negativo na cobertura dos alvos (Quantick, 1985).

Chuva e orvalho são fatores climáticos que requerem atenção no momento do planejamento das aplicações. No caso da chuva, é recomendado bastante cuidado na observação do intervalo mínimo de tempo entre a aplicação e a ocorrência da chuva, visando permitir o tempo mínimo para a ação dos produtos. No caso do orvalho, a presença de água nas folhas quando das aplicações noturnas (madrugada) e ou no início da manhã pode causar interferência da técnica de aplicação. Neste caso, problemas podem ocorrer, tanto pela diluição do produto como por um eventual escorrimento, em virtude do excesso de água e da ação dos espalhantes contidos nas caldas. Entretanto, existem situações, dependendo da técnica empregada e do tipo do defensivo utilizado, em que a ação do orvalho pode ser benéfica.

A aplicação noturna deve considerar, ainda, a existência de limitações técnicas relativas aos próprios defensivos, no que se refere às questões de eficiência e de velocidade de absorção nas situações de ausência de luz ou de baixas temperaturas (Antuniassi, 2005).

## **2.7 Variação diária da temperatura do ar**

A variação diária da temperatura do ar está diretamente relacionada com a qualidade da aplicação de defensivos agrícolas. Conhecer como ocorre essa variação durante o dia é importante para determinar o melhor momento para realizar as aplicações dos defensivos. As temperaturas elevadas aumentam a

velocidade do vento e, também, determinam suas direções. Outra consequência da elevação da temperatura é o aumento da evaporação das gotas. Estes parâmetros podem ser percussores das causas de ocorrências da perda de produtos aplicados (deriva).

O aquecimento e o resfriamento do ar são determinados pelo balanço de radiação da superfície do solo e vegetação. As trocas de calor do ar com as superfícies se dão por condução e convecção, gerando movimentos turbulentos do ar (vento) (Pillar, 1995).

Segundo Tubelis & Nascimento (1992), o ar aquecido expande-se, eleva-se e é substituído por ar de maior densidade. Este é o início de um processo de convecção livre, que se pronuncia com o aumento do balanço positivo de radiação. Por esse processo, o ar vai sendo sucessivamente aquecido e o que permanece junto do solo é aquele que aquece mais rápido e intensamente. Em consequência dessas células de circulação, o ar, como um todo, tem sua temperatura aumentada continuamente.

A variação da temperatura do ar segue a variação do balanço de radiação. A temperatura máxima do ar próximo do solo ocorre simultaneamente com a temperatura máxima da superfície do solo; mas, à medida que se afasta do solo, há um retardamento do momento de máxima temperatura do ar (a 2 metros de altura, ocorre 2 horas após) (Pillar, 1995).

Após a temperatura máxima, a temperatura do ar diminui, iniciando pelas camadas adjacentes. Pelo aumento de densidade devido ao resfriamento, as diversas camadas tendem a se acamar. O processo se intensifica continuamente no correr da noite até a nova inversão no balanço de radiação, quando a temperatura do ar adjacente ao solo é mínima. A temperatura diminui para as camadas mais afastadas da superfície do solo (Tubelis & Nascimento, 1992).

Isso explica as altas temperaturas nos horários do final da manhã até meados da tarde, geralmente impróprias para a aplicação de defensivos e

temperaturas mínimas durante a madrugada, que proporcionam a formação de orvalho que podem promover o escorrimento do produto aplicado devido ao excesso de gotas d'água na superfície foliar das plantas tratadas.

## **2.8 Variação diária da umidade relativa do ar**

A umidade relativa do ar apresenta um curso diário inverso ao da temperatura do ar. Isso ocorre porque a umidade relativa é inversamente proporcional à tensão de saturação de vapor d'água que, por sua vez, é diretamente proporcional à temperatura. A umidade é menor durante o dia e maior durante a noite. Com o nascer do sol e com os acréscimos de temperatura, a umidade relativa inicia sua marcha decrescente, indo alcançar um valor mínimo por ocasião da ocorrência da temperatura máxima (Tubelis & Nascimento, 1992).

A partir daí, ela inicia sua marcha crescente, seguindo as diminuições de temperatura do ar, indo alcançar seu valor máximo quando da ocorrência da temperatura mínima. Em condições de resfriamento noturno moderado, a umidade relativa tende a se estabilizar em um valor máximo, próximo a 100%, até a manhã seguinte. Durante esse período de estabilização ocorre formação de orvalho e ou nevoeiro.

De acordo ainda com Tubelis & Nascimento (1992), a tensão de vapor d'água e a umidade absoluta apresentam variações diárias praticamente idênticas. De madrugada, a tensão de vapor acompanha a variação da umidade relativa do ar. Com o nascer do sol, o processo de aquecimento diminui a tensão de vapor, que passa por mínimo. A evaporação coloca quantidades crescentes de vapor d'água no ar, fazendo com que a tensão de vapor aumente gradativamente, embora a umidade relativa esteja diminuindo. A tensão de vapor permanece em ascensão enquanto a turbulência junto ao solo não consegue promover a difusão do vapor d'água que se evaporou. Com o pronunciamento da turbulência, a

remoção de vapor d'água do ar junto ao solo faz com que a tensão de vapor entre em declínio. À tarde, em consequência da diminuição da taxa de evaporação, causada pelo decréscimo do balanço de radiação e da remoção turbulenta do vapor, a tensão decresce continuamente.

À noite, sob condição de balanço negativo de radiação, pode ocorrer aumento na tensão de vapor, em decorrência de inversão no sentido dos fluxos verticais de vapor d'água.

A estabilização da umidade relativa do ar forma nevoeiros, impedindo a aplicação aérea de defensivos agrícolas, devido à perda de visibilidade, que aumenta os riscos de acidente. Além disso, o orvalho formado pode incrementar o escorrimento do produto aplicado. A umidade relativa do ar abaixo de 50% acresce a evaporação das gotas, podendo elevar o índice de deriva e, conseqüentemente, uma pior qualidade na aplicação de defensivos.

## **2.9 Evaporação**

Dependendo das condições de temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação, e principalmente do diâmetro das gotas, o líquido poderá desaparecer completamente antes de atingir o alvo. Recomenda-se, portanto, ajustar corretamente o volume de aplicação e o diâmetro das gotas, conforme as condições climáticas de cada região ou estações do ano, fazendo o acompanhamento constante da variação da temperatura e de umidade relativa do ar.

De acordo com Ozkan (2000), em aplicações com pulverizadores de barra, as gotas iguais ou menores que 50  $\mu\text{m}$  evaporam completamente antes de alcançar o objetivo, permitindo que o produto puro se disperse. E as gotas maiores que 200  $\mu\text{m}$  não terão nenhuma redução significativa em tamanho antes de alcançar o alvo. A evaporação das gotas entre 50 e 200  $\mu\text{m}$  é significativamente afetada pela temperatura, pela umidade e por outras

condições do tempo. Algumas formulações de defensivos são mais voláteis que outras.

Ozeki & Kunz [198-] afirmam que o tempo de permanência da gota no ar pode influenciar o movimento do produto para fora do alvo. Vários fatores associados ao microclima no local de aplicação podem contribuir para o aumento ou a diminuição da evaporação. Na Tabela 3, mostra-se o tempo de vida de uma gota, levando em conta o diâmetro de gota e dois fatores climáticos distintos (umidade relativa e temperatura).

**TABELA 3** - Tempo de vida das gotas.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS	T = 20 °C ΔT=2,2 °C		T = 30 °C ΔT=7,7 °C		
	UMIDADE RELATIVA 80%		UMIDADE RELATIVA 50%		
	Diâmetro de gotas (µm)	Tempo para extinção (seg)	Distância de queda (m)	Tempo para extinção (seg)	Distância de queda (m)
	50	14	0,5	4	0,15
	100	57	8,5	16	2,50
	200	227	136,0	65	39,0
	300	511	690,6	146	197,0
	400	909	2182,0	260	623,0

Fonte: Ozeki & Kunz, [198-].

A evaporação crítica, que os fatores climáticos relacionam às gotas, é preocupante para os diâmetros inferiores a 200 µm. Se, em uma pulverização, utilizam-se gotas maiores, o efeito do clima sobre a evaporação é consideravelmente reduzido. Porém, aplicações de inseticidas e fungicidas exigem tamanho de gotas pequeno. Neste caso, busca-se utilizar de adjuvantes

ou outros veículos para tornarem a gota mais resistente a fatores climáticos desfavoráveis à aplicação de defensivos.

## **2.10 Estabilidade do ar**

A estabilidade da temperatura em função da altitude (gradiente térmico) determina se a estabilidade do ar é normal, neutra ou de inversão térmica. Porém, antes de abordar a estabilidade atmosférica, trataremos primeiramente do transporte de calor no ar junto ao solo.

### **2.10.1 Transporte de calor no ar junto ao solo**

As trocas de calor do ar com a superfície do solo se dão basicamente por convecção. Devido à baixa condutibilidade térmica do ar, os processos de seu aquecimento e resfriamento não atingiriam mais de 3 metros de altura se ocorressem exclusivamente por condução. Por outro lado, as observações mostram que a, pelo menos, 1.000 metros de altura, existe uma diferença marcante de temperatura do ar entre o dia e a noite (Tubelis & Nascimento, 1992).

O fator preponderante de transporte de calor na atmosfera é a difusão turbulenta, ocasionada pelos movimentos turbulentos do ar na atmosfera, que transportam, além do calor, outras propriedades importantes, como o vapor d'água, a energia cinética, o gás carbônico, os poluentes, os defensivos agrícolas, etc. (Pillar, 1995). A difusão turbulenta tem duas causas: o movimento friccional e o movimento convectivo. O movimento friccional, ou convecção forçada, é causado por variações na rugosidade das superfícies e por variações da velocidade do vento com a altura. O movimento convectivo, ou convecção livre, é consequência do balanço positivo de radiação da superfície. Durante o dia, ambos os processos se desenvolvem enquanto, à noite, o processo predominante é o movimento friccional (Tubelis & Nascimento, 1992).

### **2.10.2 Estabilidade e instabilidade**

As palavras estabilidade e instabilidade são usadas em meteorologia para indicar situações de equilíbrio.

Se uma massa de ar é mais pesada que o ar ambiente, ela tende a afundar e a se ajustar nos níveis inferiores; se é mais leve, ela tenderá a se elevar, empurrada pelo ar mais pesado.

Segundo Vianello & Alves (2000), a estabilidade é frequentemente definida como aquela condição atmosférica na qual os movimentos atmosféricos ascendentes estão ausentes ou definitivamente inibidos. Ao contrário, instabilidade é definida como o estado atmosférico no qual prevalecem os movimentos verticais.

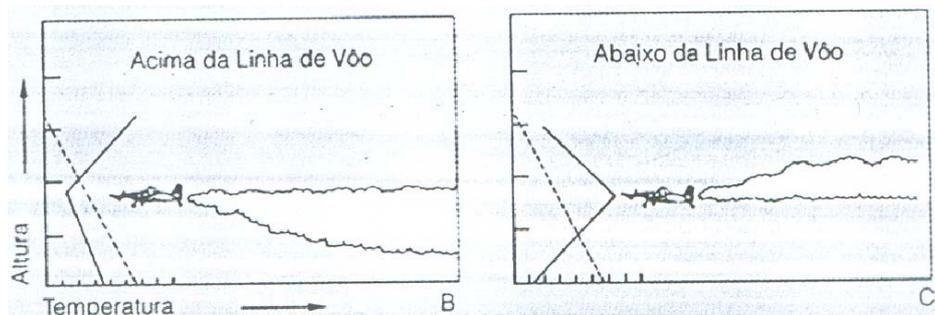
Em condições normais ocorre um esfriamento do ar à medida que a altitude aumenta, à razão de 2°C a cada 305 m, formando-se, assim, o gradiente térmico adiabático.

Quando do resfriamento rápido do solo, a camada de ar próxima a ele irá acusar temperatura inferior às das camadas mais altas, o que ocasionará a chamada inversão térmica (Figura 2). Nessas condições, as partículas pequenas permanecem em suspensão por longo tempo, pois a camada de ar mais aquecida próxima ao solo irá subir para camadas mais elevadas, levando consigo essas gotas e transportando a distância bem maior, o que proporciona uma distribuição bastante desuniforme. Isso poderá ser facilmente verificado pela ausência de vento e ocorre, geralmente, à noite, até as primeiras horas da manhã, e ao anoitecer (Ozeki & Kunz, [198-]).

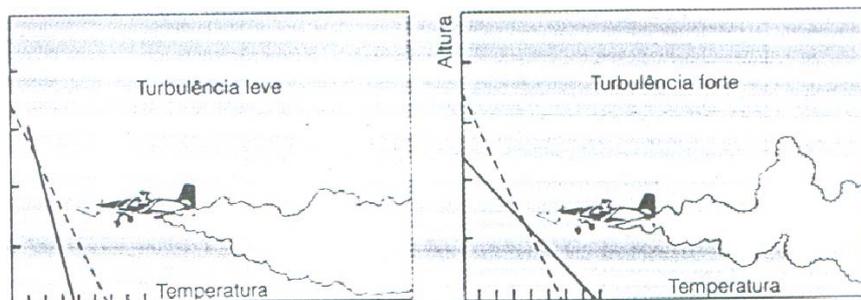
À medida que o sol vai se levantando, dá-se, gradativamente, o aquecimento do solo e da camada de ar que lhe fica mais próxima, ocorrendo, então, a movimentação ou a turbulência do ar e, conseqüentemente, a anulação da inversão térmica. De acordo com Pillar (1995), a vegetação densa influencia

o perfil da inversão térmica porque a superfície ativa de irradiação passa a ser o topo do dossel.

Na Figura 3 mostra-se que a estabilidade do ar neutra e a turbulência fraca constituem as condições ideais para a aplicação porque, no período mais quente, quando ocorre uma movimentação muito forte, pode haver arrasto do produto a distâncias variáveis, provocando a deposição desuniforme e danos a áreas não alvos (Ozeki & Kunz, [198-]).



**FIGURA 2** - Ponto de inversão térmica  
Fonte: Ozeki & Kunz, [198-].



**FIGURA 3** - Estabilidade do ar: estável/instável  
Fonte: Ozeki & Kunz, [198-].

Não se recomendam, portanto, aplicações nos períodos de vento zero, nem quando o vento for muito superior a  $10 \text{ km h}^{-1}$ .

### **2.11. Velocidade e direção do vento**

O curso diário da velocidade do vento junto do solo apresenta um efeito marcante do balanço de radiação da superfície. As diferenças no balanço de radiação criam gradientes de pressão atmosférica que geram esses ventos.

A velocidade do vento é maior durante o dia e menor durante a noite. Sob balanço positivo de radiação, a velocidade do vento cresce acompanhando os valores do balanço, ambos alcançando valores máximos simultaneamente. A partir do momento de inversão do balanço de radiação, o vento entra em um período de baixa velocidade ou de relativa calma (Tubelis & Nascimento, 1992).

Esse padrão de curso diário ocorre quando uma massa de ar desloca-se lentamente ou é estacionária sobre o local. Quando o local está sob a influência de uma massa de ar com apreciável velocidade de deslocamento, o curso diário da velocidade do vento é definido pela posição do local em relação ao centro da massa de ar. A velocidade do vento diminui à medida que o centro se aproxima do local, ocorrendo calmaria quando o centro da massa de ar passa pelo local.

Fatores, como o tamanho da gota e sua velocidade descendente, turbulência de ar e altura da barra, afetam a distância que uma gota percorre antes de se depositar no alvo. Porém, velocidade do vento, normalmente, é o fator mais crítico de todas as condições meteorológicas que afetam a deriva. Quanto maior a velocidade de vento, maior será a distância de uma gota, com tamanho determinado, atingida fora do alvo. Quanto maior a gota, menos ela será afetada pelo vento e mais rápido cairá. Porém, ventos altos podem desviar gotas maiores para fora do alvo. A direção do vento é tão importante quanto a velocidade na redução do dano causado pela deriva. A presença de culturas

sensíveis próximo ao local de pulverização, particularmente na direção do vento, é um dos principais fatores a serem avaliados antes de iniciar as pulverizações.

### **2.12 Deslocamento das gotas**

A deriva é o movimento de uma ou várias partícula no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado em uma pulverização (Ozkan, 2000; Schröder, 2003; Ozeki, 2006). A área afetada poderia ser outra cultura, um jardim ou qualquer outra vegetação dentro da faixa de aplicação do defensivo. Na maioria dos casos, esse movimento é limitado às extremidades da área ou próximo a ela. Porém, sob determinadas condições, esse deslocamento do produto para fora do alvo pode afetar áreas mais distantes. Os problemas se agravam quando essa deposição afeta uma cultura sensível ou a propriedade de outra pessoa.

A deriva é uma característica inerente à aplicação aérea: as partículas são geradas e liberadas a uma altura que poderá variar entre 2 a 4 metros e, durante sua trajetória rumo ao alvo, sofrem a influência do vento. A distância de arrasto, portanto, está em função de: diâmetro das gotas, velocidade do vento, altura do lançamento e densidade do produto (Ozeki & Kunz, [198-]).

Segundo Ozkan (2000), a deriva é freqüentemente associada com o movimento físico das gotas pulverizadas para fora do local designado na hora de aplicação. Esse tipo de deriva comumente é chamado de “deriva aerotransportada” e é o resultado de fatores associados aos métodos de aplicação e equipamento. Deriva aerotransportada simplesmente pode ser um deslocamento da névoa pulverizada a distâncias não superiores a 10 m do ponto de produção das gotas (Figura 4). Porém, as gotas menores podem ser deslocadas a milhares de metros e se depositar em locais não almejados. As gotas menores podem se evaporar na atmosfera e viajar grandes distâncias. As gotas evaporadas, normalmente, não causam problemas significantes porque são

dispersas em cima de grandes áreas. A deriva aerotransportada pode ser reduzida com um julgamento correto e a adequada seleção e operação do equipamento de aplicação.

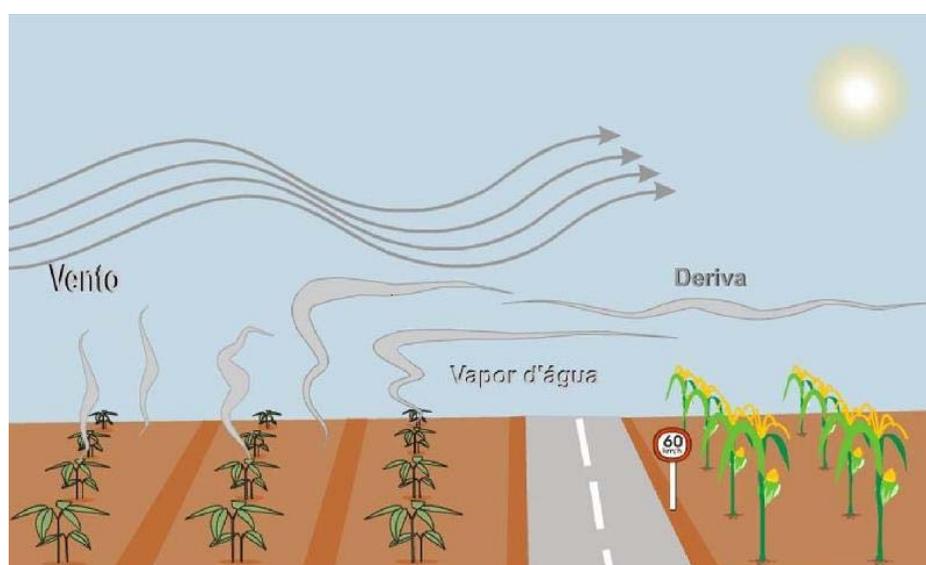


**FIGURA 4** - Deriva causada pelo vento (aerotransportada)  
Fonte: Ozkan, 2000.

A deriva, às vezes, acontece até dias depois que a aplicação foi feita. Esse tipo de deriva, normalmente chamada de deriva de vapor, é comumente associado com a volatilização (mudança do estado líquido para gasoso) do defensivo com movimento subsequente para fora da área designada (Figura 5). A deriva de vapor só se torna uma preocupação significativa se o produto aplicado for altamente volátil e as condições atmosféricas se tornam favoráveis à vaporização rápida do defensivo (Ozkan, 2000).

A deposição adequada ou a habilidade de se aplicar corretamente um produto, a fim de se obter o máximo efeito, com o mínimo ou nenhum efeito colateral, permite que tenhamos um resultado a um custo relativamente baixo e eficaz. A seleção adequada do equipamento é um dos fatores de maior relevância para que possamos obter todos os benefícios da atividade relacionada

com a aplicação de defensivos. Entretanto, isso não é um fator absoluto, já que temos também que considerar o tipo de formulação a aplicar, os adjuvantes ou veículos a serem empregados, a compatibilidade dos produtos quando aplicados em mistura e o número sucessivo de aplicações necessárias durante o ciclo vegetativo de uma cultura (Santos, 1988).



**FIGURA 5** - Deriva por vapor

### **2.13 Equipamento de monitoramento de fatores climáticos**

Equipamentos eletrônicos são utilizados no monitoramento de alguns fatores climáticos, auxiliando a qualidade de aplicação de produtos fitossanitários. Usualmente, os termo-higro-anemômetros digitais de bolso são mais usados por técnicos e engenheiros responsáveis pela aplicação desses produtos. Esses equipamentos fornecem uma leitura fácil e instantânea da umidade relativa do ar, da temperatura do ar e da velocidade do vento (Figura 6).

Outros equipamentos, como a estação meteorológica eletrônica e o termo-higrógrafo, podem ser utilizados, porém, são fixados em um ponto, o que

impede a leitura das condições climáticas no local da aplicação. Na Figura 7 é mostrada a estação meteorológica da marca DAVIS e o termo-higrógrafo utilizados no ensaio de um pulverizador aéreo no estado do Mato Grosso do Sul.

Esses equipamentos utilizam de sensores sofisticados que apresentam os seguintes princípios de funcionamento: expansão ou contração térmica de líquidos ou sólidos, termoeletricidade, resistividade elétrica, radiação, capacitância e ondas ultra-sônicas.

Segundo Steidle Neto & Zolnier (2006), para fins de monitoramento automático de temperatura, os sensores mais adequados são os que possuem saídas elétricas (tensão ou corrente) na forma de sinais analógicos ou digitais, pois possibilitam a sua conexão a um sistema de aquisição de dados.

Geralmente, nesses equipamentos eletrônicos, os sensores de temperatura do ar são resistores de platina que possuem uma bem calibrada e estável relação entre resistência elétrica e temperatura. As variações de resistência são medidas por um circuito eletrônico que apresenta, em sua saída, uma tensão contínua com 1,0 Volt, representando +70°C e 0,0 Volt, representando -30°C. Já os sensores de umidade relativa do ar são filmes higroscópicos posicionado entre dois eletrodos, constituindo um capacitor (Magin, 2007).

De acordo com Magin (2007), a capacitância depende da umidade absorvida pelo filme higroscópico (o dielétrico do capacitor) e representa a umidade relativa do ar. A capacitância medida é convertida numa tensão contínua com correção automática para a temperatura. A saída de tensão é 0,0 Volt para 0% de umidade relativa e 1,0 Volt para 100% de umidade relativa.

Os sensores de vento possuem um arranjo de três conchas que são fixadas horizontalmente à passagem do vento. O sensor tem uma microplaca metálica fixa na base e outra no conjunto de conchas e, ao girar, passando uma sobre a outra, é transmitido um pulso elétrico. Logo, a velocidade é medida de

acordo com a frequência de pulsos por um determinado tempo (Steidle Neto & Zolnier, 2006).



**FIGURA 6** - Equipamento de bolso utilizado no monitoramento de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar



**FIGURA 7** - Estação meteorológica portátil da marca Davis, modelo Weather, Monitor II e termo-higrógrafo

Esses sensores podem ser ligados a sistemas de aquisição de dados e, segundo Taylor (1997), citado por Steidle Neto & Zolnier (2006), esses sistemas são constituídos por condicionadores de sinais, conversores analógicos/digitais, interface de comunicação para a transferência das informações digitais e programa computacional de gerenciamento e processamento de dados.

Os condicionadores de sinais são circuitos eletrônicos que adaptam os sinais analógicos para a conversão digital. Já os conversores analógicos/digitais têm a função de traduzir os sinais analógicos dos sensores em sinais digitais no formato binário. Após essa conversão, as informações são transferidas para um computador e ou armazenadas em unidades de disco rígido ou flexível por meio de interfaces de comunicação, de acordo com protocolos específicos (Steidle Neto & Zolnier, 2006).

#### **2.14 Adjuvantes - definição e classificação**

Os fabricantes de defensivos agrícolas incluem, geralmente, em suas etiquetas de recomendações de uso, a adoção de adjuvantes para aumentar a atividade biológica do ingrediente ativo, melhorar a segurança da aplicação, minimizar ou eliminar uma ou mais variáveis que afetam a qualidade de uma aplicação, controlar melhor potenciais riscos de deriva, diminuir a exposição do trabalhador ou a contaminação do meio ambiente, melhorar economicamente a aplicação, dando maior eficiência aos tratamentos iniciais e diminuir os tratamentos seqüenciais ou permitir uma menor taxa de aplicação do ingrediente ativo (Underwood, 2000).

Witt (2001) define como adjuvante agrícola qualquer substância acrescentada ao tanque de pulverização, sem contar os adjuvantes contidos na formulação do defensivo agrícola, que melhore o desempenho da aplicação.

Ozeki (2006) é ainda mais específico e define adjuvantes como produtos inertes adicionados à calda de pulverização que tenham como objetivo aumentar

a eficiência biológica dos ingredientes ativos, melhorando a aderência sobre a superfície foliar e aumentando a absorção foliar do ingrediente ativo. Porém, vale lembrar que alguns produtos em altas concentrações podem chegar a ser fitotóxicos.

Os adjuvantes são classificados em três tipos, descritos a seguir.

#### **2.14.1 Ativadores**

Os adjuvantes ativadores são os mais utilizados e correspondem a agentes ativadores da superfície. O uso principal de ativadores é com aplicações de herbicidas pós-emergentes. Incluem surfactantes, óleos minerais e vegetais, fertilizantes nitrogenados, espalhador-adesivos, agentes de molhamento e penetrantes (Curran et al., 1999). Tu & Randall (2003) afirmam que os ativadores influenciam nas propriedades físicas e químicas da solução pulverizada, inclusive na tensão superficial, na densidade, na volatilidade, na solubilidade e trabalham, principalmente, para aumentar a atividade do herbicida, freqüentemente aumentando as taxas de absorção do herbicida na planta.

Embora se atribua aos surfactantes um efeito positivo na penetração dos defensivos, o mecanismo de ação deles deve ser bastante estudado, não estando bem esclarecido por enquanto. Contiero (2005) afirma que os surfactantes podem ter efeito sobre a atividade dos defensivos em vários locais:

- a) na mistura da solução;
- b) sobre a superfície da cutícula;
- c) dentro das camadas da cutícula;
- d) sobre a superfície da célula, ou
- e) dentro dos tecidos da planta.

Cutícula é a primeira barreira que qualquer herbicida tem que superar para ter um efeito positivo. É extremamente diversa e varia entre espécies diferentes de plantas. A superfície da cutícula está coberta com cera e, esta cera, é o principal constituinte da cutícula que restringe o movimento do herbicida na folhagem das plantas. Superfícies com alta cerosidade são menos permeáveis à água e à maioria dos herbicidas pulverizados (Curran et al., 1999). Assim, diversos autores concordam que a aplicação foliar de herbicidas com adjuvantes ativadores resulta em uma maior retenção do produto pulverizado pelas folhas das plantas daninhas, obtendo-se uma maior absorção do herbicida através da superfície foliar.

#### **2.14.2 Modificadores de mistura**

Entre os modificadores de mistura, encontram-se aderentes, extensores, aderentes-extensores, espessantes e agentes espumantes.

Os extensores funcionam como adesivos retendo o defensivo mais rapidamente no alvo, reduzindo a velocidade de volatilização e inibindo degradação por raios ultravioletas (UV) (Hock, 1998). São muito utilizados na fruticultura, para a aplicação de inseticidas e fungicidas formulados como pós-molháveis.

Os agentes espessantes modificam a viscosidade do produto pulverizado e podem ser usados para reduzir a deriva (Witt, 2001).

Os agentes espumantes são utilizados para criar espuma na mistura de aplicação. São utilizados em concentrações de 0,1% a 0,4% e, mediante o uso de equipamentos apropriados, podem-se criar espumas com diferentes graus de estabilidade. São utilizados para impedir o congelamento da calda pulverizada em climas mais frios (Contiero, 2005). Em geral, seu uso não é muito comum.

### 2.14.3 Condicionadores

Os condicionadores são produtos que ampliam a gama de situações sob as quais se pode utilizar uma formulação. Existem três tipos de condicionadores: agentes antiespumantes, agentes compatibilizantes e agentes buffer.

Os agentes antiespumantes reduzem ou suprimem a formação de espuma em tanques de pulverização (Witt, 2001). Esses agentes podem reduzir a tensão superficial estourando a bolha de ar ou debilitando a estrutura da espuma. Em geral, é mais fácil prevenir a formação de espuma que eliminá-la depois de formada. A maior concentração precisa para eliminar espuma é de aproximadamente 0,1% no tanque inteiro. Podem-se utilizar, também, querosene ou óleo diesel a 0,1%, para eliminar a formação de espuma no tanque de pulverização, mas isso não é recomendado em áreas naturais (Tu & Randall, 2003).

Agentes de compatibilidade permitem aplicação simultânea de dois ou mais produtos. Eles são freqüentemente usados quando se aplicam uma mistura de herbicida com fertilizantes químicos. A menos que o rótulo de um defensivo agrícola não recomende a mistura, um agente de compatibilidade deve ser incluído (Curran et al., 1999; Tu & Randall, 2003).

Agentes buffers incrementam a dispersão e a solubilidade dos defensivos. Normalmente, contêm um sal de fosfato ou, mais recentemente, ácido cítrico, que mantém um pH ligeiramente ácido quando acrescentado à água alcalina. Esse agente controla mudanças de pH no tanque de mistura, podendo ser importante na prevenção da degradação de herbicidas e inseticidas, por hidrólise em soluções aquosas (Tu & Randall, 2003). Alguns acidificantes também são vendidos para aumentar o desempenho de alguns herbicidas. Porém, ainda é pequena a evidência em apoiar a necessidade desses agentes no propósito de usá-los na maioria dos herbicidas (Curran et al., 1999). Alguns agentes buffer também são usados para reduzir problemas com água dura. Em

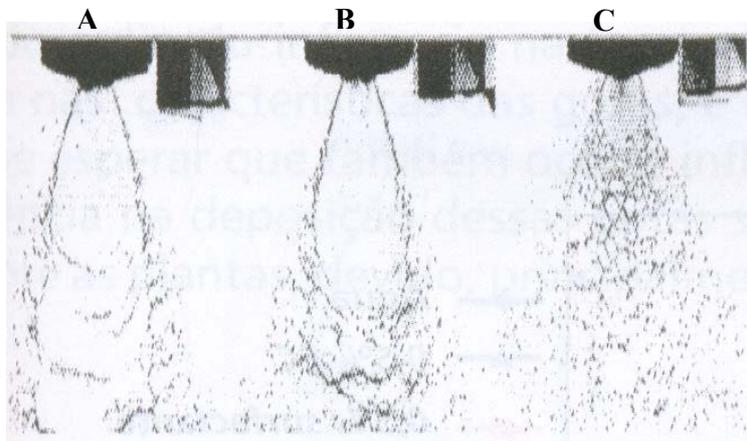
particular, cálcio e sais de magnésio podem interferir com o desempenho de certos defensivos agrícolas.

### **2.15 Influência dos adjuvantes nas pulverizações**

As especificações das pontas de pulverização são definidas em testes com água. O acréscimo de um produto fitossanitário pode alterar o padrão de gotas e a vazão, com uma determinada pressão, além de afetar também a deposição do líquido nas plantas. Segundo Contiero (2005), adjuvantes acrescentados numa calda também tendem a alterar o padrão de gotas e a vazão. Assim, é preferível fazer a calibragem, se não com a calda completa, pelo menos com a água mais o adjuvante.

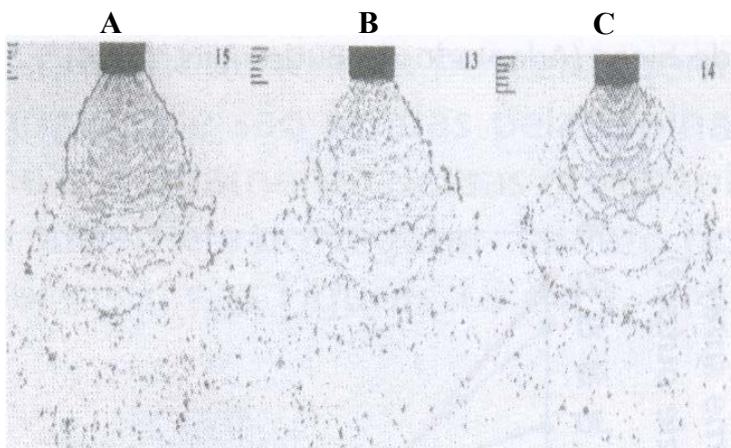
#### **2.15.1 Influência na formação das gotas**

De maneira geral, as pontas mais utilizadas na aplicação de defensivos agrícolas são as do tipo “jato plano”, também chamadas de “bico leque”. Dependendo do tipo de líquido ou de mistura a ser pulverizada, pode haver uma diferença na formação das gotas, como pode ser claramente visto nas Figuras 8 e 9.



**FIGURA 8** - Pulverização formada pelo bico jato plano: (A) calda com água + 0,5% de surfactante; (B) calda somente com água e (C) calda com água + formulação concentrado emulsionável

Fonte: Butler Ellis & Tuck (1999) citados por Contiero, 2005.



**FIGURA 9** - Pulverização formada pelo bico jato plano com indução de ar: (A) calda com água + 0,5% de surfactante; (B) calda somente com água e (C) calda com água + formulação concentrado emulsionável

Fonte: Butler Ellis & Tuck (1999) citados por Contiero, 2005.

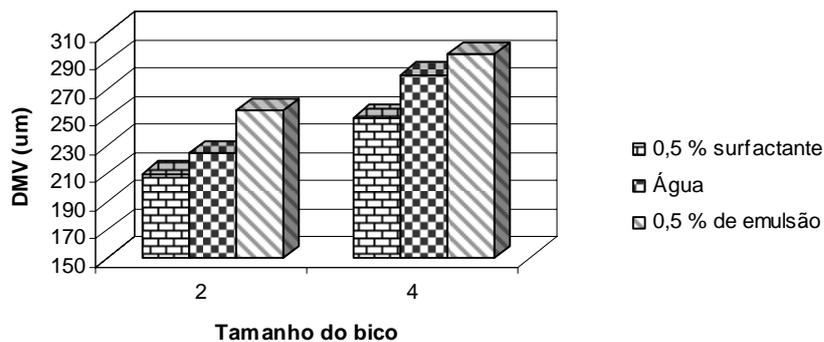
### 2.15.2 Influência nas características das gotas

Normalmente, a adição de surfactantes à calda de pulverização proporciona a formação de gotas de menor tamanho, quando comparada com as gotas formadas quando se utiliza somente água ou água + emulsão, o que pode ser comprovado na Figura 10.

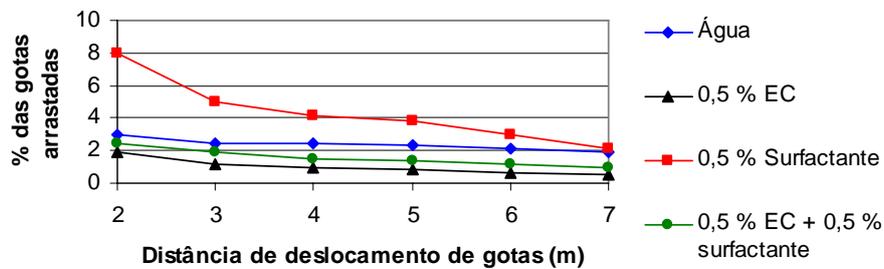
### 2.15.3 Influência na deriva

Já é bastante conhecido o efeito do vento sobre a pulverização (deriva), cuja importância e consequências dependem do tamanho da gota produzida e do tipo de líquido pulverizado.

Buttler Ellis & Bradley (2002) citados por Contiero (2005), realizaram uma série de experimentos em túnel de vento, para avaliar a relação entre o tipo de líquido utilizado na pulverização e a influência do vento. Os resultados mostraram que, independentemente do tamanho da gota formada, havia um efeito bastante consistente do vento, conforme mostrado na Figura 11.



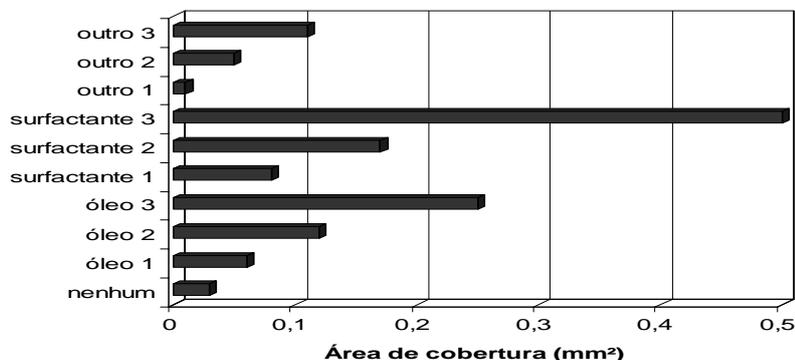
**FIGURA 10** - Diâmetro mediano volumétrico produzido por dois bicos jato plano (leque), em função do tipo de líquido utilizado  
Fonte: Adaptado de Butler Ellis (2004), citado por Contiero, 2005).



**FIGURA 11** - Influência do vento, no deslocamento das gotas produzidas por um bico tipo jato plano (leque) "02" com indução de ar, em função do tipo de líquido aplicado, medido em túnel de vento (velocidade do vento de  $2,0 \text{ m s}^{-1}$ )  
 Fonte: Adaptado de Butler Ellis & Bradley (2002) citados por Contiero, 2005.

#### 2.15.4 Influência na deposição sobre as plantas

Considerando que o tipo de líquido aplicado influencia na formação e nas características das gotas, é de se esperar que também ocorra influência na deposição dessas gotas sobre as plantas. Isso se deve, principalmente, à alteração da tensão superficial, o que influencia na porcentagem de gotas que são retidas pelas folhas e no espalhamento dessas gotas sobre a superfície do vegetal. Tal fato pode ser visto na Figura 12.



**FIGURA 12** - Efeito da aplicação de adjuvantes na cobertura de folhas de cevada, cultivadas em casa de vegetação

Fonte: Adaptado de Holloway et al. (2000) citados por Contiero, 2005.

### 2.16 Óleos emulsionáveis

Segundo Witt (2001), os óleos emulsionáveis aumentam a penetração de alguns defensivos pela camada encerada da cutícula numa superfície foliar e, assim, aumenta a taxa de penetração.

São óleos não fitotóxicos, acrescidos de emulsificantes e outros componentes e têm grande uso como adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. Esses óleos apresentam os seguintes efeitos:

- a) **molhante** - por terem afinidade com as ceras que recobrem superfícies vegetais, corpos de pragas, especialmente os que apresentam cutícula ou excreções cerosas, micélios de fungos, etc.;
- b) **espalhante** - pela baixa tensão superficial dos óleos, mais o efeito hipotensor dos emulsificantes, formam-se filmes contínuos sobre as superfícies, arrastando consigo os produtos dissolvidos ou emulsionados;

- c) **penetrante** - pela baixa tensão superficial, penetram em pequenos interstícios, inclusive se infiltram sob a carapaça de cochonilhas, entre excreções cerosas no corpo de pragas, entre micélios de fungos e nos espaços entre plaquetas cerosas na cutícula de superfícies vegetais;
- d) **antievaporante** - gotículas de água emulsionadas com óleo evaporam mais lentamente, permitindo alcançar o alvo e facilitar a absorção de produtos hidrossolúveis. Esse efeito é melhor com as formulações de emulsão normal; e
- e) **adesividade** - óleos têm maior permanência sobre as superfícies vegetais.

### 2.17 Óleos minerais

Óleos minerais são a mistura de 95% a 98% de óleos de parafina (não fitotóxico) com 2% a 5% de surfactante não-iônico. O propósito do surfactante nesta mistura é emulsionar o óleo na solução pulverizada e abaixar a tensão superficial. Acredita-se que os óleos minerais promovam a penetração dos defensivos, aumentando a cobertura da pulverização e a absorção através da cutícula encerada e na carapaça dos insetos. Também podem chegar a diminuir a volatilidade e a fotodegradação de alguns defensivos. São tradicionalmente mais usados no controle de inseto e de doença do que na aplicação com herbicidas (Curran et al., 1999). Atualmente, estão disponíveis os óleos concentrados ("crop oil concentrate"), com uma concentração maior de surfactante (15% a 20%), os quais são utilizados a uma concentração de 1% v/v.

Óleos minerais podem ser utilizados como inseticidas, no caso de cochonilhas, insetos sugadores de seiva que possuem a proteção de carapaças ou ceras, sendo pouco sensíveis a inseticidas de contato. Os inseticidas sistêmicos são igualmente pouco eficazes devido às pequenas quantidades de seiva

extraídas por indivíduo. Segundo a Petrobras Distribuidora (2006), o óleo mineral OPPA-BR-CE age eficazmente no controle das cochonilhas de carapaça, matando-as por asfixia. Além disso, consegue penetrar através dos poros e por baixo das carapaças, podendo carregar outros inseticidas, que então podem atuar por contato. Ou seja, OPPA-BR-CE controla diretamente as cochonilhas de carapaça e também melhora a eficácia de outros inseticidas de contato.

### **2.18 Óleos vegetais**

São misturas de óleos vegetais de algodão, soja, girassol, milho e canola com surfactantes. Geralmente, apresentam uma cadeia carbonada de 16 a 18 carbonos e, por serem altamente refinados, não são fitotóxicos. A partir dos óleos vegetais podem ser produzidos os óleos metilados. Mediante reações com álcoois para formar ésteres, ao serem combinados com um surfactante, formam um óleo metilado. Os óleos metilados reduzem a tensão superficial e aumentam a absorção de certos defensivos ao melhorar sua distribuição sobre a superfície foliar. Os óleos metilados são mais caros que os óleos vegetais e os óleos minerais, e seu uso ainda não está generalizado (Contiero, 2005).

Outro fato de grande importância é a possibilidade do uso de produtos com óleo de soja, como coadjuvante na aplicação de pesticidas, principalmente em culturas perenes ou em culturas anuais de ciclo longo, como é o caso da cana-de-açúcar, proporcionando um incremento na eficiência no controle de pragas de solo (Corrêa, 2005).

Outra aplicação é a utilização em solos arenosos, como é o caso dos solos do cerrado e do Nordeste que, devido ao baixo teor de matéria orgânica e argila, proporcionam baixa adsorção, permitindo que o pesticida lixivie, contaminando águas subterrâneas. Com o crescente avanço da fronteira agrícola, o plantio nessas áreas pode representar um poluidor em potencial do ambiente (Corrêa, 2005).

Dentre as principais reações envolvidas nos processos de transformação está a oxidação de pesticida, uma das mais importantes e básicas dentre as reações metabólicas, que ocorre freqüentemente em microrganismos.

De acordo com Lawson (1995), os óleos naturais e gorduras de origem vegetal contêm substâncias capazes de inibir a oxidação. Dentre os antioxidantes universalmente distribuídos, o  $\alpha$ -tocoferol é o mais importante, abundante e ativo isômero, mas, em adição a essa vitamina, três outros tocoferóis com atividade biológica são encontrados nos alimentos:  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol.

### **2.19 Fertilizantes nitrogenados**

Segundo Curran et al. (1999), nos últimos anos, os fertilizantes nitrogenados têm sido freqüentemente acrescentados à calda de pulverização como um adjuvante, com a finalidade de aumentar e melhorar a atividade de herbicidas. Mas, ainda encontra-se sem explicação seu modo de ação. Acredita-se que facilitem a penetração foliar, mediante um mecanismo diferente da redução da tensão superficial e nem sempre seu uso traz consigo maior eficácia do defensivo.

Fertilizantes nitrogenados podem substituir surfactantes ou óleos vegetais em alguns herbicidas de contato. Normalmente, adiciona-se surfactante ou óleo vegetal em defensivos sistêmicos. Entre os fertilizantes mais utilizados como adjuvantes encontram-se o sulfato de amônio, o nitrato de amônio e a uréia, que são utilizados em concentrações de 2% a 5% p/v (Tu & Randall, 2003).

O sulfato de amônio é amplamente utilizado para melhorar a ação de herbicidas, como o glifosate, já que suas características higroscópicas prolongam o umedecimento da superfície foliar, diminuindo o secamento das gotas pulverizadas e reduzindo a cristalização do herbicida. Além disso, o sulfato de amônio consegue reverter ou diminuir o antagonismo entre o glifosate e os

cátions ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{++}$ ), que podem ocorrer na água utilizada para a aplicação. No entanto, esse efeito não pode ser generalizado como uma verdade absoluta (Tu & Randall, 2003).

Segundo Contiero (2005), a uréia é um composto nitrogenado orgânico, não-protéico. Atravessa com facilidade a cutícula e passa do apoplasto ao simplasto sem utilizar energia metabólica, por um fenômeno de difusão facilitada. A uréia rompe algumas ligações de ésteres, éteres e diéteres da cutina, abrindo caminho para a passagem de outros componentes da calda, como algumas moléculas de herbicidas.

Algumas uréias comerciais não se dissolvem completamente e podem causar problemas de entupimento de bicos. A uréia tem um pequeno efeito retardante da evaporação das caldas.

O nitrato de amônio é um composto nitrogenado inorgânico, que penetra rapidamente pela cutícula e causa um abaixamento do pH no apoplasto, com o que favorece a absorção celular.

## **2.20 Adjuvantes especiais**

Uma série de compostos podem beneficiar a performance de um produto fitossanitário aplicado.

### **2.20.1 Adesivos**

Um adesivo pode executar três tipos de funções. Pode aumentar a adesão ou “viscosidade” de partículas sólidas que, caso contrário, poderiam ser desalojadas facilmente de uma superfície foliar. Também pode reduzir evaporação do defensivo. Se o resíduo secado de uma gota consiste em um meio praguicida e um meio de alguma outra substância química (de base molar), a pressão de vapor molar parcial do defensivo será reduzida e a taxa de evaporação será diminuída adequadamente. A terceira função de um adesivo é

que ele pode formar uma camada impermeável. Se um defensivo for razoavelmente solúvel em água, assim pode-se ser lavado da folha durante chuvas pesadas. Se o adesivo não for solúvel em água, pode prover um grau de proteção, de forma a não se perder este produto (Witt, 2001).

São produtos que deixam um filme pouco solúvel sobre as superfícies tratadas, com a função de manter o defensivo agrícola aderido. Esse filme deve ser permeável às trocas gasosas. O principal uso é quando o fitossaneante está em forma sólida, como num pó molhável, cujas partículas podem efetivamente ser aderidas. Látex e PVA têm esse tipo de uso.

### **2.20.2 Antievdaporantes**

Quando a umidade atmosférica está muito baixa ou quando se usam gotas muito pequenas na pulverização, um antievdaporante permite uma vida útil mais longa dessas gotículas, que assim podem atingir melhor o alvo e permanecer na superfície (Contiero, 2005).

A uréia tem pequeno efeito antievdaporante. Óleos minerais ou vegetais têm um efeito razoável. Alguns glicóis, como etileno-glicol, têm efeito antievdaporante.

### **2.20.3 Espalhante-adesivo**

Quando se deseja maior tenacidade nos produtos aplicados por pulverização, pode-se acrescentar um espalhante-adesivo.

Em geral, esse tipo de adjuvante são combinações entre espalhante, que reduzem a tensão superficial da calda pulverizada fazendo espalhar e formar um filme bem fino sobre a superfície aplicada, e adesivos, que buscam aderir o defensivo no alvo, aumentando sua resistência à lavagem pela chuva e à evaporação. Podem conter ácidos graxos, látex, álcoois, resinas polimerizadas, óleos vegetais ou minerais. As formulações são muito diferenciadas. São

comumente usados em culturas do milho e da soja, pois não encontram problemas em deixar resíduos na folhagem. Alguns espalhantes adesivos causam fitotoxicidade em ervas (Czarnota & Thomas, 2006).

Estudos realizados por Corrêa (2005), avaliando o efeito de um óleo espalhante adesivo, determinaram que a presença do Natur'l Oil não interferiu nos processos de transformação de carbono e de nitrogênio e no teste de biodegradabilidade do endosulfan em solos e que, no processo de lixiviação, a presença do óleo trouxe incrementos positivos, desfavorecendo a percolação do defensivo. Assim, concluiu-se que a adição de óleos como espalhante adesivo deve ser considerada na aplicação de defensivos para redução da lixiviação e por evitar o contato direto dos defensivos com os microrganismos de solo, proporcionando uma maior preservação da biodiversidade.

No entanto, Nakano (1969) alerta para o fato de que a adição de espalhantes adesivos, como: Novapal, AG-BEM, Triton X-1 14, Citowett, Sandovit e Esapon, não alterou o comportamento de inseticidas orgânicosintéticos sistêmicos testados, como metasystox, phosdrin, bidrin e vamidathion. Inseticidas com ação de ingestão, como diazinon, sevin, DDT e dipterex, na formulação pó molhável e inseticidas, como endrin e gusathion metílico, na formulação de concentrado emulsionável, não apresentaram diferenças estatísticas na presença e na ausência dos espalhantes adesivos. Inseticidas de ação de contato, como malathion e de ação de profundidade, como fenthion, não apresentaram melhor eficiência e maior efeito fumigante com a adição do espalhante.

#### **2.20.4 Alkyl polyglucosides (açúcares)**

Correspondem simplesmente a açúcares modificados. Algumas modificações em moléculas de açúcares que tinham propriedades surfactante podem ser usadas como espalhantes adesivos. Embora essa classe de adjuvantes

tenha sido descoberta há algum tempo, só agora está se tornando popular, devido às suas origens orgânicas, ou seja, esse produto é biodegradável, o que é bom para a preservação do meio ambiente. Apresentam alguns tipos muito espumantes e outros baixo espumantes e são bons molhadores. Originalmente, foram desenvolvidos como agentes de limpeza seguros para o meio ambiente, usados muito em lava-jatos na Inglaterra. Também são muito usados em detergentes para lavar roupas e tem ocorrido uma transição enorme desse produto para ser usado como adjuvante agrônômico.

Esses produtos têm muito baixo potencial para fitotoxicidade porque são derivados de açúcares de plantas. São muito indicados para se trabalhar com o herbicida glifosato (Czarnota & Thomas, 2006).

#### **2.20.5 Acidificantes**

A maioria dos produtos fitossanitários tem melhor funcionamento quando a calda é levemente ácida. Com um pH acima de 7, muitos produtos tendem a uma hidrólise alcalina. Quanto mais alto o pH, tanto mais rápida a hidrólise que, em alguns casos, pode se dar em questão de minutos.

A acidificação de uma calda é feita com um ácido fraco. Ácido ortofosfórico é um dos preferidos.

Para manter o pH dentro de uma estreita faixa é necessário, além da correção inicial, um seguimento corretivo, o que se consegue com um produto tamponante. Com o ácido ortofosfórico, o tamponante pode ser o fosfato ácido de sódio.

Quando se quer preparar uma solução com mistura de micronutrientes, ou se quer uma mistura de tanque de fertilizante foliar mais um produto fitossanitário, geralmente, torna-se necessário usar um quelatizante.

Quelatizantes isolam a carga elétrica e suprimem a reatividade de moléculas e íons. Entre os quelatizantes preferidos estão o ácido cítrico, o ácido

fenólico e o EDTA. Muitos outros quelatizantes podem ser usados e a escolha depende da situação. Alguns fertilizantes foliares já vêm com sais quelatizados, sendo, por isso, preferidos para uso em caldas mistas (Contiero, 2005).

#### **2.20.6 Espessantes**

Espessantes aumentam a viscosidade da calda a ser aplicada. Esse adjuvante é usado para diminuir a deriva ou a evaporação depois de aplicado no alvo. Ao se usar defensivos sistêmicos, é importante reduzir a velocidade de evaporação porque eles só podem penetrar na cutícula foliar quando ainda estão presentes na solução aplicada (Hock, 1998). Sílica hidratada, carboxi-metil-celulose ou goma xantana têm sido usadas.

#### **2.20.7 Redutores de deriva**

Esses produtos aumentam a viscosidade e a “força elástica” da água diminuindo a proporção de gotas menores. Eles também aumentam o tamanho da gota comum, ou diâmetro mediano volumétrico (DMV). Isso resultará em menos gotas por centímetro quadrado na superfície da folha, mas ainda será a mesma taxa de aplicação do defensivo agrícola em  $L\ ha^{-1}$ . A necessidade para reduzir a deriva, particularmente perto de locais sensíveis, pode muito bem abrir precedência em cima de pequenas reduções em eficácia (Witt, 2001).

Segundo Czarnota & Thomas (2006), esses produtos podem conter policrilamidas, polímeros de polietileno, polissacarídeos (cadeias longas de açúcares) ou óleos vegetais. Além de ficarem mais viscosos, os redutores de deriva diminuem a volatilidade dos defensivos mais voláteis. Isso é benéfico ao pulverizar áreas de produção ao ar livre e, ainda, reduz a deriva, o odor e o desperdício. Porém, quando adicionada alta dosagem desse produto, pode causar depósitos excessivos de defensivos sobre a superfície da folhagem ou entupir pontas de pulverização.

### **2.20.8 Rebaixadores de fitotoxicidade**

Alguns compostos muito fitotóxicos são melhor tolerados pelas plantas quando acompanhados de amenizadores desses efeitos. Por exemplo, na aplicação de uma solução de sulfato de zinco como fertilizante foliar, usa-se acrescentar leite de cal como rebaixador de fitotoxicidade. Algumas formulações de óleos emulsionáveis e outros produtos contêm um agente rebaixador (Contiero, 2005).

### **2.20.9 Filtro solar**

Alguns ingredientes ativos químicos, bem como alguns produtos biológicos, podem ser rapidamente degradados ou desativados pela radiação ultravioleta. Pode-se lançar mão de pigmentos absorventes ou de filtros U.V., parecidos com os usados para proteger a pele humana (Witt, 2001).

### **2.20.10 Detergentes domésticos**

São tensoativos e funcionam como produtos de interfase. Não são adequados para o uso em caldas de produtos fitossanitários. São formulados com tensoativos de forte atração apolar e fraca atração polar, pois devem remover muita gordura (em pratos, por exemplo) com pequeno volume de água. Numa pulverização agrícola, usa-se um grande volume de água que deve ser compatibilizada com pequena quantidade de compostos hidro-repelentes nas folhas. Em uso a baixo volume (de água), podem desequilibrar as formulações, além de fazer muita espuma (Contiero, 2005).

Czarnota & Thomas (2006) alertam que os sabões reagem com cátions em terra e fertilizantes e podem deixar um resíduo precipitado na folhagem da cultura tratada. E nenhum detergente indica, em seus rótulos, o uso em aplicações com defensivos em plantas.

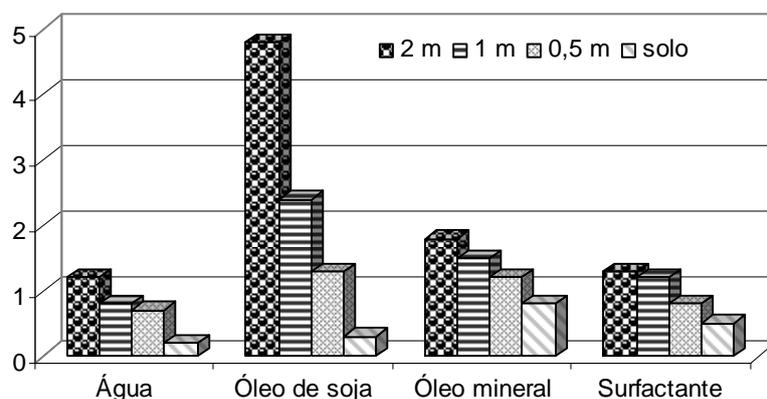
Os detergentes domésticos geralmente contêm solventes de graxas, como glicóis, que também dissolvem ceras epicuticulares e tendem a causar fitotoxicidade. Contêm outros componentes, como quelatizantes, corantes, aromatizantes, etc.

### **2.21 Utilização dos adjuvantes na quimigação**

Na quimigação (aplicação de produtos químicos via irrigação) têm-se utilizado óleos como aditivos para aumentar a eficiência na deposição de inseticidas, herbicidas e fungicidas na folhagem das culturas.

Pelos métodos convencionais (com pulverizador costal, tratorizado e avião), os pesticidas geralmente são distribuídos com até 400 l ha<sup>-1</sup> de água, volume que minimiza o escoamento da calda que atinge a folhagem da planta. No caso da quimigação, no entanto, a lâmina de água mínima aplicável através de alguns pivôs é de 2,5 mm (25.000 l ha<sup>-1</sup>). Neste caso, grande parte do produto pode ter o solo como destino, devido ao escoamento da calda não retida na folhagem. Por isso, quando o produto comercial é aplicado em grande volume de água, a adição de adjuvantes à formulação, para melhorar a retenção do herbicida na folhagem, pode ser vantajosa (Vieira, 1998).

Hills & Waller (1989) avaliaram a concentração de clorpirifós aplicado por quimigação nas folhas de milho em diferentes alturas e com diferentes tipos de óleos. Os resultados são mostrados na Figura 13 e observa-se, para qualquer altura em relação ao solo (mesmo na superfície), que o teor do ativo detectado por grama de material é sempre maior que na aplicação em água.



**FIGURA 13** - Concentração média de clorpirifós ( $\mu\text{g}$  clorpirifós.g material<sup>-1</sup>) nas folhas de milho e na superfície do solo.  
 Fonte: Hills e Waller, 1989.

Schmidt (2003) estudou o uso de óleos sem surfactantes na aplicação de clorpirifós via insetigação na cultura do milho e constatou que, aos 2 DAA, todos os tratamentos atingiram níveis aceitáveis de controle, não diferindo entre si, mas diferindo em relação à testemunha (sem tratamento). Aos 6 DAA, no entanto, embora nenhum tratamento tenha diferido estatisticamente da testemunha, os tratamentos dissolvidos em óleo ainda proveram um controle próximo a 80%, enquanto que o padrão já teria perdido a sua efetividade. Esse resultado parece indicar que a presença do óleo sem o emulsificante efetivamente favoreceu a absorção pelas folhas do produto contribuindo para um maior efeito residual. De acordo com os resultados obtidos, há a possibilidade da redução da dose aplicada ou do número de aplicações pela dissolução em óleo.

Na insetigação, a solubilidade do inseticida em água é um aspecto preponderante a ser observado. No início de trabalhos com insetigação, observou-se que inseticidas insolúveis em água eram os mais eficientes no

controle de pragas e que a eficácia de alguns produtos poderia aumentar com a adição de um óleo não-emulsificante. Constatou-se que os inseticidas solúveis em água eram lavados da folhagem durante a irrigação e caíam no solo, reduzindo a eficiência do controle das pragas da parte aérea da planta. Já os inseticidas insolúveis em água e solúveis em óleo ficavam encapsulados em gotículas de água, sem perder sua identidade no sistema de irrigação. Na aplicação, aderiam às partes aéreas das plantas e nos corpos (cutícula) do inseto, aumentando a sua eficiência. Vários estudos foram conduzidos e confirmaram o aumento da eficiência dos inseticidas misturados ao óleo vegetal bruto ou ao óleo mineral. Pesquisas realizadas na Geórgia, EUA, sugeriam que o óleo reduz a lavagem do inseticida da planta. Entretanto, estudos posteriores mostraram que, para alguns inseticidas, como piretróides e chlorpyrifos, a adição de óleo não é sempre necessária. Recentemente, tem se verificado que nem sempre a mistura de óleo na inseticida aumenta a eficiência de controle da praga (Viana, 2006).

## **2.22 Surfactantes**

Os surfactantes são amplamente utilizados e, provavelmente, o mais importante de todos os adjuvantes. Sua composição melhora e acentua a emulsão, a dispersão, o molhamento, a umectação e outras propriedades modificadoras de superfície, desejadas para a aplicação. Reduzem a tensão superficial da gota pulverizada, assegurando cobertura maior do produto na folhagem da planta tratada. Isso facilita a absorção de defensivos na planta. Os surfactantes também podem influenciar diretamente na absorção de defensivos por meio da mudança da viscosidade e da estrutura das ceras nas folhas e na superfície do talo, de forma que eles são penetrados mais facilmente pelos defensivos (Hock, 1998; Tu & Randall, 2003).

Segundo Kogan & Pérez (2003), os surfactantes se concentram e produzem trocas físicas na superfície dos líquidos e essas trocas podem ocorrer na interface entre dois líquidos ou entre um líquido e um gás, ou um líquido e um sólido. Devido às trocas que eles produzem na superfície, a palavra "surfactante" é usada para referir-se a um "agente ativo de superfície" ("surface active agents").

Os surfactantes atuam sobre a superfície do líquido no qual encontram-se dissolvidos, já que suas moléculas apresentam segmentos polares (grupos polioxietilenos) e não-polares (cadeias hidrocarbonadas). O segmento polar é atraído pela água e o segmento não polar é atraído pelos compostos lipofílicos.

Reduzindo a tensão superficial, os surfactantes produzem os seguintes efeitos (Contiero, 2005):

- a) **molhante** - apresentando sítios polares e apolares em suas moléculas, funcionam como pontes de interfase entre líquidos, como a água (polar) e superfícies apolares, permitindo a molhabilidade de superfícies hidrófobas (hidro-repelentes);
- b) **espalhante** - abaixando a tensão superficial de líquidos, fazem com que o ângulo de contato das gotas isoladas sobre a superfície seja diminuído e que elas deixem de ser esféricas. O acréscimo de um tensoativo nas caldas permite a formação de um filme de líquido sobre as superfícies, por coalescência das gotas;
- c) **penetrante** - com baixa tensão superficial, os líquidos têm maior poder de penetração. Óleos, por exemplo, penetram mais que água na maioria dos substratos. Com o abaixamento da tensão superficial, as caldas aquosas penetram mais, podendo arrastar consigo alguns produtos fitossanitários.

Os efeitos molhante e espalhante se confundem na prática, ocorrendo primeiro o efeito molhante, seguindo-se o espalhante. A intensidade relativa desses dois efeitos, contudo, pode ser diferente de um tensoativo para outro.

Classificam-se os surfactantes de acordo com sua ionização em água, conforme descrito a seguir.

### **2.22.1 Surfactantes iônicos**

São aqueles que se ionizam quando se misturam com a água. Eles são divididos em dois tipos: aniônicos e catiônicos. Os surfactantes aniônicos são aqueles que contêm carga negativa e os surfactantes catiônicos são aqueles que contêm carga positiva.

Segundo Hock (1998), os surfactantes aniônicos são muito efetivos quando usados com defensivos de contato, possuem um grupo funcional negativamente carregado e são freqüentemente usados com ácidos ou sais. São muito solúveis em água, porém, podem reagir com outros íons presentes na solução. São utilizados sozinhos ou em mistura com surfactantes não-iônicos, em formulações comerciais de alguns defensivos. São mais especializados e, às vezes, usados como dispersantes ou agentes de compatibilidade.

Os surfactantes catiônicos correspondem a compostos quaternários de nitrogênio e alguns são utilizados como bactericidas, devido à sua alta toxicidade. São menos usados, mas o grupo ethoxylated fatty amines foi freqüentemente usado com o herbicida Roundup (Curran et al., 1999).

Hock (1998) ainda alerta para o fato de que selecionar um surfactante errado pode reduzir a eficácia do produto aplicado, prejudicando a planta.

### **2.22.2 Surfactantes não-iônicos**

Os surfactantes não-iônicos não têm carga elétrica, são biodegradáveis e geralmente compatíveis com a maioria dos defensivos e soluções de fertilizantes

químicos (Curran et al., 1999). Alguns surfactantes não-iônicos são sólidos encerrados e requerem a adição de um solvente (álcool ou glicol) para sua solubilização em líquidos. Geralmente, são utilizados os glicóis, por não serem inflamáveis e por não evaporarem muito rapidamente (Tu & Randall, 2003). De acordo com Contiero (2005), os surfactantes não iônicos apresentam as seguintes características:

- a) não se ionizam em soluções aquosas;
- b) não interagem com águas duras (não formam sais insolúveis de Ca, Mg, Fe, Al, etc.);
- c) podem ser usados em soluções ácidas;
- d) apresentam baixa toxicidade a mamíferos;
- e) apresentam baixa fitotoxicidade;
- f) formam emulsões estáveis;
- g) apresentam características dispersantes e detergentes.

Normalmente, são usados na formulação de muitos herbicidas. Ao serem usados na mistura água-herbicida, podem, em alguns casos, aumentar a eficácia do produto e diminuir o período livre de precipitação (PLP) requerido para que o herbicida seja absorvido.

### **2.22.3 Surfactantes anfotéricos**

Surfactantes anfotéricos contêm cargas positivas e negativas e funcionam de forma semelhante aos surfactantes não-iônicos. Um surfactante anfotérico comumente usado é a lícitina (phosphatidylcholine), que é derivada da soja (Tu & Randall, 2003). Ainda há poucas publicações de pesquisas no uso e na eficácia desses surfactantes.

## **2.23 Propriedades físico-químicos dos surfactantes**

Os surfactantes são capazes de reduzir a tensão superficial, melhorando a emulsão, a dispersão, o espalhamento, a umectação e outras propriedades modificadoras de superfície dos líquidos. Na maioria dos casos, as propriedades físico-químicas dos surfactantes determinam a atividade dos defensivos. As principais propriedades físico-químicas dos surfactantes são descritas a seguir.

### **2.23.1 Tensão superficial**

A tensão superficial é definida como a tendência de as moléculas na superfície de um líquido serem atraídas para o centro do corpo. As forças de coesão entre as moléculas da superfície de um líquido são responsáveis pela tensão superficial. As moléculas da superfície, não tendo moléculas na parte superior, apresentam forças de atração maiores com suas moléculas vizinhas, tendendo a minimizar a área superficial devido ao excesso de energia localizada (Kogan & Pérez, 2003).

Segundo Kogan & Pérez (2003), a tensão superficial é característica de cada substância. A tensão superficial da água a 25°C é de  $72 \times 10^{-5} \text{ N cm}^{-1}$ , ou seja, é necessária uma força equivalente a  $72 \times 10^{-5} \text{ N}$  para romper uma camada superficial de água de um centímetro de comprimento. Com o aumento da temperatura, as forças de atração (eletrostáticas) entre moléculas vizinhas na superfície de um líquido diminuem e, conseqüentemente, diminui a tensão superficial.

Ao misturar a água com um surfactante, é possível diminuir a tensão superficial da água a valores que dependerão do tipo de surfactante utilizado. Assim, os surfactantes não-iônicos convencionais reduzem a tensão superficial a valores de  $30$  a  $35 \times 10^{-5} \text{ N cm}^{-1}$ , enquanto que os surfactantes siliconados são capazes de reduzir a tensão superficial a valores de  $22$  a  $25 \times 10^{-5} \text{ N cm}^{-1}$  (Tabela 4 e Figura 14).

**TABELA 4** - Efeito de diferentes surfactantes sobre a tensão superficial da água.

SURFACTANTE (% V/V)	COMPOSIÇÃO	CONCENTRAÇÃO	TENSÃO SUPERFICIAL (N cm <sup>-1</sup> )
Água	-	-	73 x 10 <sup>-5</sup>
Copolímero poliéter- polimetil siloxano	Espalhante adesi- vo (siliconado)	0,05	23 x 10 <sup>-5</sup>
Poli-oxietileno-aquil- fenol éter	Espalhante adesivo	0,10	31 x 10 <sup>-5</sup>
Alquil fenol Poliglicoléter	Espalhante adesivo	0,05	31 x 10 <sup>-5</sup>
Éter de octilfenol +polietil-englicol + dodecil benzeno sulfonato de sódio	Espalhante adesivo	0,10	34 x 10 <sup>-5</sup>

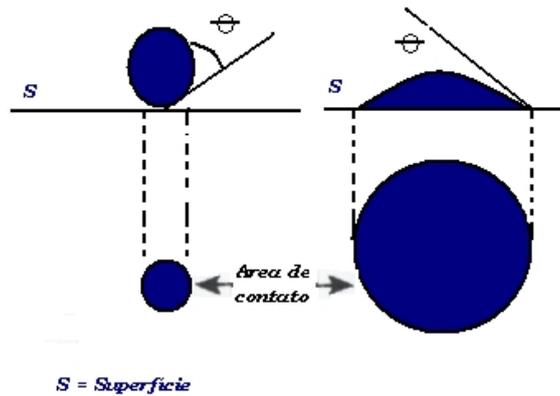
Fonte: Kogan & Pérez (2003).

### 2.23.2 Molhamento

A gota pulverizada deve molhar a folhagem e esparramar ou tem que cobrir uma área da folha para que o defensivo execute sua função de controle da praga. Em algumas situações, como folha muito encerada ou peluda, torna-se necessário o uso de adjuvantes para realizar uma melhor cobertura. Muitos surfactantes podem permitir perda de depósito em vez de uma maior cobertura. O surfactante atua reduzindo a tensão superficial da água na superfície da gota e reduzindo a tensão interfacial entre a gota e a superfície da folha (Witt, 2001).

## GOTAS COM MESMO VOLUME

$\theta$  = ângulo de contato

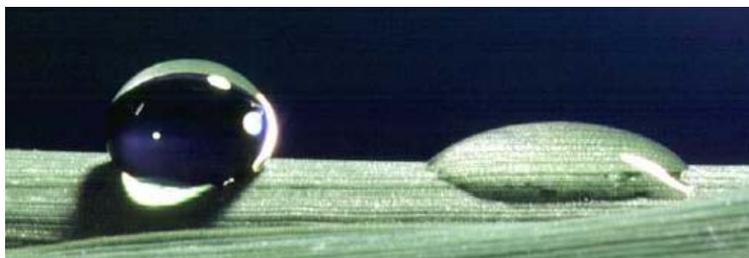


**FIGURA 14** - Efeito da adição de surfactante na diminuição da tensão superficial

A tensão superficial é responsável pela forma esférica das gotas pulverizadas. A capacidade de um líquido de molhar ou espalhar-se sobre uma superfície sólida (molhamento) dependerá da tensão superficial de cada fase e da tensão superficial da interfase (Kogan & Pérez, 2003).

Dessa forma, ao se usar um surfactante adequado, consegue-se diminuir a tensão superficial e, por conseguinte, favorecer o molhamento ou o espalhamento da gota (Figura 15).

No entanto, o molhamento não é função somente da tensão superficial, mas também da superfície em que a folha está em contato (Tabela 5).



**FIGURA 15** - Gota aplicada sobre a folha sem surfactante e com surfactante

**TABELA 5** - Tensão superficial e molhamento relativo das soluções surfactantes em relação ao tipo de superfície.

SURFACTANTE	TENSÃO SUPERFICIAL (N cm <sup>-1</sup> )	RELAÇÃO DE MOLHAMENTO EM COMPARAÇÃO COM A ÁGUA		
		Lâmina plástica	Milho	Calêndula
Água pura	74,3 x 10 <sup>-5</sup>	1,0	1,0	1,0
Água + óleo	44,3 x 10 <sup>-5</sup>	8,1	2,0	1,5
Água + surfactante Convencional	33,5 x 10 <sup>-5</sup>	22,6	3,3	1,9
Água + surfactante Siliconado	24,3 x 10 <sup>-5</sup>	60,8	33,5	6,8

Fonte: Kogan & Pérez (2003).

Albert & Victoria Filho (2002) estudaram a influência da morfologia da superfície foliar das espécies *Sida rhombifolia* L., *Sida glaziovii* K. Schum e *Sida cordifolia* L. e o comportamento de alguns herbicidas em mistura com adjuvantes na eficácia de controle. A presença de adjuvantes não alterou estatisticamente o comportamento dos herbicidas quanto ao controle das espécies de guaxumas estudadas, mas apresentou notas maiores quando eles

estavam associados a um adjuvante, devido, provavelmente, a um maior molhamento da superfície foliar.

Estudos realizados por Ruitter et al. (1990), citados por Albert & Victoria Filho (2002), demonstraram que as espécies que tiveram dificuldade de serem molhadas retiveram mais calda quando essa continha uma maior concentração do surfactante. Por esse resultado, infere-se que uma maior concentração do surfactante é requerida para que se possa ultrapassar a barreira formada por ceras epicuticulares cristalinas.

#### **2.24 Vantagens e desvantagens do uso dos surfactantes**

Entre os aspectos positivos do uso desses produtos, Contiero (2005) cita:

- a) os adjuvantes tensoativos permitem que superfícies hidro-repelentes, como folhas ou frutos com cerosidade, corpos ou coberturas cerosas de pragas, etc., sejam molhados pela calda;
- b) o líquido aplicado se distribui melhor, cobrindo a superfície de modo uniforme, o que é particularmente importante para fitossanitários com ação de contato;
- c) em superfícies pilosas, com pêlos normalmente mantendo gotículas pulverizadas suspensas, o líquido penetra e efetivamente atinge a cutícula;
- d) facilitam a penetração da calda entre ranhuras diversas, hifas de fungos, teias de ácaros, etc.

Mas, também enfatiza os aspectos negativos, tais como:

- a) alguns adjuvantes tensoativos podem ser diretamente fitotóxicos;
- b) diminuem ou eliminam a seletividade de alguns herbicidas;

- c) sendo solúveis em água, podem favorecer a lavagem dos produtos aplicados, se chover depois da aplicação, prejudicando o efeito residual;
- d) podem favorecer o ataque de alguns fungos, por remover a camada cerosa protetora (cebola, por exemplo), ou por espalhar e aumentar o contato de esporos com a superfície vegetal (por exemplo, foi observado um aumento no ataque de carvão do milho após a aplicação de um inseticida com um adjuvante hipotensor, nos EUA).

### **2.25 Surfactantes organo-siliconados**

Um grupo que tem sido muito estudado nos últimos anos é o dos surfactantes organo-siliconados. Esses surfactantes têm sido usados com diferentes defensivos para melhorar a molhabilidade e o espalhamento da calda, incrementando a absorção de ingredientes ativos (Albert & Victoria Filho, 2002).

Esse tipo de surfactante reduz a tensão superficial drasticamente ao ponto da gota pulverizada formar uma camada muito fina na superfície da folha, (conhecido como "superspreading"), na qual o produto aplicado consegue deslizar pelas aberturas dos estômatos na superfície foliar. Essa propriedade pode evitar o efeito de lavagem quando a aplicação do defensivo for seguida por chuva (Tu & Randall, 2003).

Segundo Contiero (2005), alguns autores têm considerado que o uso de surfactantes organo-siliconados induz a penetração do produto pulverizado pelos estômatos. Para que as gotas pulverizadas possam penetrar através dos estômatos, a solução deve apresentar uma tensão superficial inferior à tensão superficial crítica da espécie, o que poderia ocorrer dependendo da espécie, ao se utilizar surfactantes organo-siliconados.

Czarnota & Thomas (2006) afirmam que os surfactantes organo-siliconados são bons para aumentar o "rainfastness", ou seja, período livre de precipitações (PLP) do defensivo. Kogan & Pérez (2003) evidenciam experimentos que mostram uma diminuição importante no PLP requerido após a aplicação de herbicidas pós-emergentes, devido ao uso de surfactantes siliconados, explicado pela indução à penetração do herbicida através dos estômatos (Tabela 6). É importante ter claro que não só os surfactantes organo-siliconados podem aumentar o PLP de um herbicida, como também nem sempre o uso de um surfactante, seja organo-siliconado ou convencional, diminui o PLP requerido por um determinado herbicida, pois o aumento da superfície molhada, por si só, nem sempre se traduz em uma maior penetração do herbicida.

**TABELA 6** - Efeito do surfactante organo-siliconado sobre a atividade de glyphosate submetido a diversos intervalos de chuva após a aplicação, com relação ao rebrote de *Lolium perenne*.

GLIFOSATE (kg ha <sup>-1</sup> )	SURFACTANTE (mL L <sup>-1</sup> )	REBROTE DE TUBÉRCULOS (%)				
		TEMPO ENTRE A APLICAÇÃO E A CHUVA (PLP)				
		2 min	2 h	5 h	10 h	48 h
0,00	0,00	217	-	-	-	-
0,27	0,00	201	166	83	21	0
1,00	82,00	0	0	0	0	-
0,54	0,00	228	9	7	0	0
1,00	10,00	0	0	0	0	0

Fonte: Kogan & Pérez (2003).

Certos cuidados devem ser levados em consideração quando se usam surfactantes organo-siliconados. Esses surfactantes são muito instáveis a valores de pH extremos, devido às ligações de silício e oxigênio se hidrolisarem sob

condições muito ácidas ou muito básicas. O pH da solução deve estar entre 6 e 8. Por outro lado, quando surfactantes organo-siliconados são misturados com surfactantes convencionais, pode-se perder a grande capacidade que eles têm de diminuir a tensão superficial da solução. Essa incompatibilidade se atribui à competição entre os segmentos lipofílicos de ambos os surfactantes pela interface entre a gota e a superfície foliar. É importante considerar que o preço dos surfactantes organo-siliconados é maior que o dos surfactantes convencionais. A decisão de utilizá-los deve ser tomada com base em resultados obtidos cientificamente (Kogan & Pérez, 2003).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local do experimento e equipamentos utilizados**

Este trabalho foi realizado em uma das áreas de plantio da Empresa de Papel e Celulose International Paper do Brasil Ltda., nas dependências da Horto Brasileira em Brasilândia, MS.

Utilizou-se uma aeronave Air Tractor AT-401B, cedida gentilmente pela Empresa Aeroagrícola Villela, equipada com DGPS para orientação dos vôos, dotada de sistema de pulverização com acionamento hidráulico, sendo instalados 76 bicos de jato plano XR 8008 VB com ângulo de 0° e espaçamento de 14 cm (Figura 16). A pressão estava regulada a 35 psi e a velocidade de vôo foi de 201 km h<sup>-1</sup> (125 milhas por hora), sendo a altura média do vôo de 4 m.

Para o fornecimento de água durante o ensaio, utilizou-se um caminhão tanque de 15.000 litros, de propriedade da empresa de papel e celulose. Além disso, um tanque inox e uma motobomba foram usados para realizar a mistura da calda a ser aplicada e o abastecimento da aeronave, respectivamente (Figura 17).

Durante as aplicações, as condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e direção do vento foram monitoradas utilizando uma estação meteorológica portátil da marca DAVIS, modelo Weather Monitor II e um termo-higrógrafo que registrou graficamente a umidade relativa e a temperatura durante os dias dos ensaios.

### **3.2 Produtos analisados**

Durante o trabalho, foram avaliados três adjuvantes comerciais: Fulltec® e Emultec plus®, nas doses de 50 ml/100 l de água e o Antideriva®, na dose de 80 ml/100 litros de água, além de um tratamento testemunha empregando apenas água.



**FIGURA 16** - Pontas de jato plano XR 8008 VB instaladas na barra de pulverização da aeronave Air Tractor AT-401B



**FIGURA 17** - Equipamento de apoio utilizado nos ensaios

Segundo os fabricantes dos produtos Fulltec® e Emultec plus®, eles são classificados como fertilizantes foliares e apresentam características, tais como:

são seqüestrantes de cátions, redutor de pH, emulsificantes, antiespumantes, espalhantes-adesivos, surfactantes, antivolatizantes e redutores de deriva; e o produto Antideriva® é um emulsificante, surfactante, antivolatizante e redutor de deriva.

Em todos os preparos da calda, primeiramente, adicionaram-se 100 litros de água. Em seguida, juntou-se o adjuvante a ser avaliado, agitou-se com uma espátula e, posteriormente, acrescentou-se mais água sob pressão, até completar o tanque. Foram realizados dois vôos por tratamento, um para cada faixa climática estudada.

Faixa A: temperatura máxima e umidade relativa mínima de 17°C e 67% e Faixa B: temperaturas entre 18°C a 21°C e umidade relativa entre 66% a 50 %, ambas com velocidade e direção do vento variando entre 02 e 13 km h<sup>-1</sup> e 0° e 50° em relação ao alinhamento paralelo dos coletores.

Procurou-se uniformizar os intervalos das condições climáticas das aplicações. Esses intervalos foram divididos em duas faixas climáticas distintas e todas elas permaneceram dentro das condições ideais de aplicações de defensivos agrícolas. No total, foram realizados oito vôos, empregando-se o volume de aplicação de 40 l ha<sup>-1</sup>. A linha central de passagem do avião serviu como referência para a indicação da posição zero metro, auxiliando nos estudos de faixa de aplicação (faixa de aplicação total).

### **3.3 Determinação da densidade e tamanho de gotas**

Estas avaliações consistiram em determinar a densidade e o DMV. Para isso, foram utilizados coletores de papel hidrossensível (76 x 26 mm) distribuídos na posição horizontal e voltados para cima, para avaliação dos depósitos. Esses coletores foram distribuídos transversalmente à linha de vôo em 50 posições espaçadas inicialmente em dois metros até a posição 40 e, depois, de quatro metros, a 0,5 m de altura, sem obstáculos para o seu alcance, de acordo

com a metodologia proposta na norma ASAE S386T (ASAE, 1982; Carvalho, 1990).

Após a passagem da aeronave, as etiquetas foram recolhidas e armazenadas em um recipiente de isopor. Esse procedimento foi adotado para que o material não absorvesse umidade do meio, pois os papéis vão escurecendo com o passar do tempo e diminuindo a qualidade da imagem. Esses papéis, disponíveis no mercado, são impregnados com o corante azul-de-bromofenol que, na sua forma não-ionizada, apresenta coloração amarela. A água, entretanto, quando o atinge a sua superfície, ioniza a substância e esta adquire forte coloração azul (Figura 18).

O uso de coletores de papel hidrossensível tem sido empregado por diversos pesquisadores para avaliar deposições de pulverizações aeroagrícolas quanto à densidade de gotas e ao diâmetro mediano volumétrico (Schröder, 2003; Cunha & Carvalho, 2005).

Os fabricantes do papel sensível à água alertam para o fato de que esse substrato pode apresentar limitações de captura de gotas com diâmetro inferior a 30  $\mu\text{m}$ . Essas gotas, no entanto, apresentam dificuldade de deposição em qualquer tipo de alvo (Chaim et al., 1999, citados por Cunha et al., 2003).

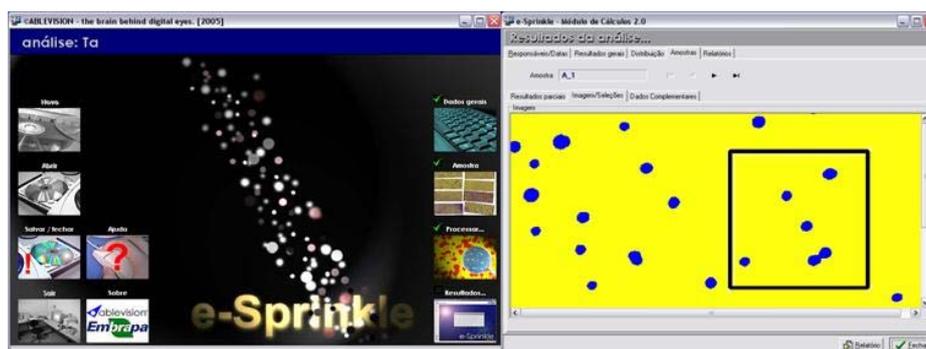
Segundo Velini (2004), no uso desta técnica, o autor destaca como vantagem a não necessidade do uso de traçadores e a facilidade da análise automatizada dos cartões, além do fato de ser utilizada uma superfície padronizada, facilitando a comparação dos resultados obtidos em diferentes estudos. Porém, como desvantagens dos papéis hidrossensíveis, destacam-se o alto custo de aquisição, o preparo, o maior trabalho na fixação, a necessidade de maiores cuidados na preservação e o fato de estimar o volume de líquido que atinge o alvo e de ser um alvo artificial.

De acordo com Wolf & Gardisser (2003), citados por Cunha & Carvalho (2005) e Carvalho (1995), as etiquetas de papel hidrossensível são bons

indicadores de deposição das gotas pulverizadas, em ensaios desta natureza. Os primeiros autores realizaram a avaliação da eficiência de 19 adjuvantes, quanto à redução de deriva, utilizando esse tipo de indicador. O segundo avaliou, em laboratório, vários métodos de amostragem, entre eles o método com coletores de papéis hidrossensíveis, determinando sua confiabilidade.



**FIGURA 18** - Coleta dos papéis hidrossensíveis e armazenamento em embalagem hermética



**FIGURA 19** - Software de análise dos parâmetros de pulverização

Após a aplicação, procedeu-se a análise dos impactos ocorridos em cada etiqueta, sendo, portanto, indicativo da intensidade de deposição para todo tratamento. Para isso, utilizou-se um scanner para a digitalização das imagens das etiquetas. O DropCap, software que acompanha o e-Sprinkle 2005, foi o programa utilizado para capturar as imagens, na resolução mínima de 600 dpi e, logo após, as amostras foram processadas com o auxílio do software e-Sprinkle 2005 (Figura 19). Durante o processamento, para cada imagem, selecionaram-se cinco pontos diferentes e cada ponto correspondia a uma área de 1 cm<sup>2</sup>, somando uma área total de 5 cm<sup>2</sup>.

Esse programa contabiliza a quantidade de gotas depositadas em alvos artificiais pelo processamento de imagens digitas e fornece um relatório com alguns parâmetros analisados nas pulverizações, entre eles: densidade de gotas, dmv, dmn, cobertura, coeficiente de variação e amplitude relativa.

Segundo Ramos et al. (2004), o programa de computador e-Sprinkle, versão 2004 em diante, apresenta resultados para parâmetros da pulverização coletada sobre papel hidrossensível com confiabilidade suficiente para a utilização em trabalhos científicos.

### **3.4 Determinação da largura de faixa efetiva**

Nesta etapa, o objetivo foi determinar a faixa efetiva de aplicação com a recomendação individualizada dos diferentes produtos. Para cada produto analisado, foram realizados dois vãos e, numa análise visual, preliminar, selecionou-se a faixa de deposição total com o conjunto de papéis sensíveis à água com melhor espectro de deposição, mais centralizado, com menor efeito de arraste de gotas pelo vento, descartando-se os demais. Segundo Schröder (2003), esse procedimento evita que se façam inferências sobre faixas de deposição com perfis alterados pela ocorrência momentânea e indesejada de vento lateral.

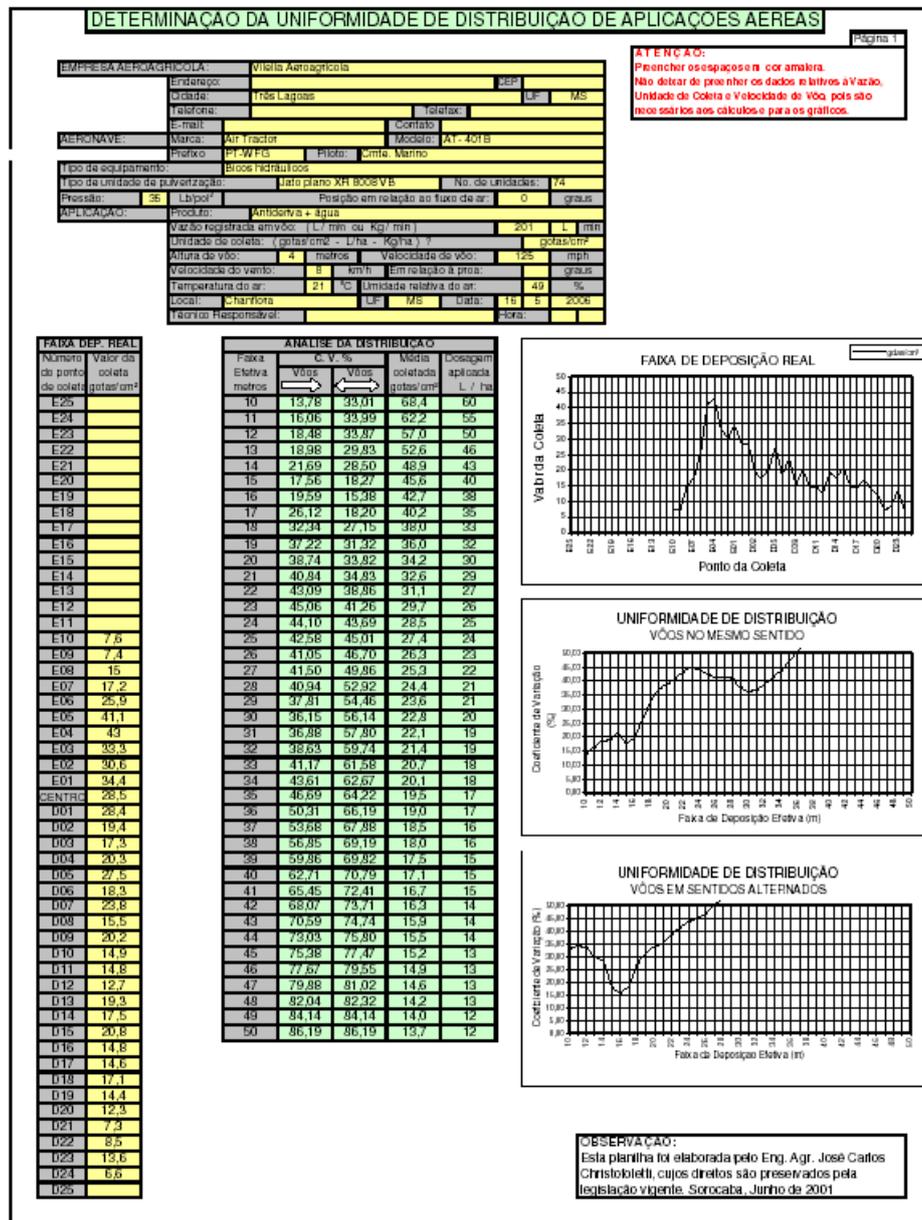
Os dados dos conjuntos de papéis sensíveis à água selecionados foram transferidos para uma planilha eletrônica, determinando-se, em computador, as simulações de diferentes larguras de faixas efetivas de aplicação, seus coeficientes de variação e as densidades médias. A planilha eletrônica utilizada foi desenvolvida pelo pesquisador Christofolletti<sup>1</sup> (2001) e empregada por técnicos e coordenadores de aplicação de defensivos de várias empresas de aviação agrícola. É simples, prática e com uma boa apresentação gráfica dos resultados (Figura 20).

### **3.5 Delineamento experimental**

Para a análise estatística, utilizou-se o programa SisVar versão 4.6. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, no esquema 4 x 2, com 10 repetições. Foram avaliados três produtos adjuvantes mais a água pura como testemunha e duas faixas climáticas. As repetições consistiram dos dez coletores centrais à passagem da aeronave, pois eles encontravam-se dentro da faixa efetiva de aplicação, representada como a área do espectro de gotas com maior uniformidade de deposição.

---

<sup>1</sup> Comunicação pessoal, 2001. CHRISTOFOLETTI, J.C. **Planilha de determinação de distribuição de aplicações aéreas**. Desenvolvida em ambiente Windows, plataforma MS Excel 2000.



**FIGURA 20** - Planilha eletrônica desenvolvida pelo pesquisador Christofolletti (2001)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Monitoramento das condições climáticas

Os testes foram conduzidos de forma que as condições climáticas se encontrassem dentro dos padrões recomendados para uma aplicação segura e com qualidade. Esses padrões foram divididos em duas partes, com temperaturas e umidades relativas moderadamente altas e baixas (Tabela 1).

Mesmo com a adição de produtos à calda de pulverização para favorecer ou não a deposição das gotas no alvo, as condições climáticas dentro do ideal são importantes para um menor risco de contaminação ambiental e uma maior qualidade da aplicação de defensivos agrícolas, devendo ser respeitados pelos operadores.

Nas regiões do Mato Grosso do Sul, onde foram conduzidos os ensaios, as variações climáticas são muito bruscas durante o dia, com temperaturas mínimas em torno de 10°C e máximas chegando a 40°C na época do outono (período da realização dos ensaios). Essa variação prejudica a capacidade operacional do equipamento, diminuindo o tempo efetivo da aplicação. Nessas condições, é importante conhecer os efeitos dos adjuvantes durante essas variações.

**TABELA 7** - Condições climáticas durante as aplicações aéreas.

Divisão dos períodos climáticos	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )	Direção do vento (graus)	
Faixa A	Água	17	67	11	10
	Fulltec	16	73	03	10
	Emultec plus	14	76	03	20
	Antideriva	13	79	02	10
Faixa B	Água	18	66	06	0
	Fulltec	21	56	13	20
	Emultec puls	19	63	08	50
	Antideriva	21	50	08	10

#### 4.2 Densidade e tamanho de gotas

As adições de adjuvantes na calda de pulverização influenciaram o comportamento do espectro de gotas. As médias dos tratamentos analisados podem ser observadas na Tabela 8.

**TABELA 8** – Influência dos adjuvantes analisados no diâmetro mediano volumétrico e densidade de gotas coletadas em papéis hidrossensíveis.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	DMV ( $\mu\text{m}$ )	Densidade (gotas $\text{cm}^{-2}$ )
Água	363a	19b
Fulltec	488b	22b
Emultec plus	510b	12a
Antideriva	567b	20b

<sup>(1)</sup> Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Todos os adjuvantes adicionados à calda de pulverização proporcionaram leve aumento no diâmetro mediano volumétrico quando comparado à testemunha (água pura), permitindo uma possível taxa de recuperação maior na utilização destes produtos. Um pequeno aumento desse parâmetro pode assegurar uma maior deposição de gotas, pois, esse aumento contribui para que a gota resista mais à evaporação e, com um volume maior, ela terá um tempo de queda menor, melhorando a qualidade da aplicação e uma maior quantidade de ingrediente ativo estará atingindo o alvo.

As gotas maiores têm um menor arraste pelo vento, dessa forma concentrando-se mais no alvo e colaborando com uma aplicação mais segura, o que favorece a proteção de outras culturas sensíveis próximas e a preservação do meio ambiente.

O Antideriva® foi o produto que mais elevou o DMV, porém, esse aumento não deve ser excessivo, pois esse exagero pode caracterizar uma menor cobertura, não permitindo atingir alvos em meio denso de vegetação, ou seja, não permitir que as gotas cheguem às partes inferiores dos dosséis das culturas

tratadas.

As densidades de gotas das caldas contendo adjuvante em sua mistura, não se diferenciaram significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, com exceção do produto Emultec®, que produziu uma densidade de gotas menor que a testemunha e os outros produtos. Porém, a explicação pode ser encontrada na direção do vento, já que, no momento da aplicação desse produto, o vento encontrava-se a 50° do alinhamento paralelo dos coletores, podendo ter levado as gotas para fora do alvo artificial.

A utilização do Fulltec® e do Antideriva® foi avaliada como positiva, pois, apesar de aumentar o DMV, não se alterou a densidade das gotas. Para cada tipo de defensivo há uma densidade ideal de cobertura e, na adição de adjuvantes à calda, não se deve alterar a densidade recomendada no rótulo do defensivo a ser aplicado.

Outro fator analisado foi a influência das variações do clima durante as aplicações de defensivos. Os resultados médios de DMV e densidade podem ser vistos na Tabela 9.

**TABELA 9** - Diâmetro mediano volumétrico e densidade de gotas para cada faixa climática em estudo.

Faixa climática <sup>(1)</sup>	DMV ( $\mu\text{m}$ )	Densidade (gotas $\text{cm}^{-2}$ )
Faixa A	532b	14a
Faixa B	433a	23b

<sup>(1)</sup> Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Durante as aplicações, houve grande variação da temperatura e da umidade relativa, do início ao final dos ensaios. Para que não houvesse uma análise diferenciada entre as diferentes situações, os quatro tratamentos foram agrupados em condições similares às do limite dos padrões recomendados para aplicações de defensivos. Os limites de temperatura, umidade relativa e

velocidade do vento encontram-se na Tabela 7.

As distintas faixas climáticas apresentaram diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, o que mostra ter uma influência no DMV e na densidade, sendo ela positiva ou não, na utilização de mistura de adjuvantes à calda de pulverização.

A maior média de DMV foi observada na faixa A, o que pode ser explicado pela menor evaporação das gotas, que foram pulverizadas durante uma temperatura menor e uma umidade relativa maior.

As gotas, no meio atmosférico com climas propícios à evaporação, tendem a desaparecer e a ficar em suspensão no ar, levando consigo o ingrediente ativo do defensivo. Se forem utilizadas técnicas para diminuir o efeito do clima no momento da aplicação, pode-se melhorar a qualidade de aplicação, aumentando-se o nível de cobertura. Isso porque o que evapora é a água e a gota, conseguindo alcançar o alvo com um mínimo de volume, pode ter um bom efeito no controle de pragas.

A densidade de gotas maior na faixa B pode ser compreendida pela ocorrência de um menor DMV, assim depositando um maior número de gotas no alvo artificial. Porém, na faixa A, sob condições climáticas amenas, o nível foi menor, o que permite concluir que a adição dos adjuvantes nessa faixa climática proporcionou o aumento do DMV, ocasionando a diminuição da densidade. Nota-se que, em condições amenas de clima, a adição de adjuvantes pode contribuir para uma menor deposição de gotas, já que esses produtos atuam no aumento da viscosidade que está diretamente ligado à temperatura. Sendo assim, é recomendada a adição dos adjuvantes em condições climáticas mais elevadas. De modo geral, as duas faixas climáticas estão dentro dos padrões recomendados para aplicações de defensivos e uma variação mais extrema poderia tornar mais evidente as relações da utilização dos adjuvantes com a variação dos fatores climáticos.

No geral, com base nos dados da Tabela 9, conclui-se que a adição de adjuvantes influencia na deposição das gotas, em relação ao clima no momento da aplicação. Não se tiram maiores conclusões, observando-se a mesma tabela, pelo fato de um determinado adjuvante ter resultados diferenciados dos outros produtos.

A análise de cada adjuvante com seus efeitos no DMV e na densidade de gotas para as faixas climáticas em estudo pode ser observada na Tabela 10.

Nas aplicações realizadas nas primeiras horas da manhã com um padrão climático melhor para a aplicação de defensivos, faixa A, todos os adjuvantes apresentaram acréscimo no diâmetro mediano volumétrico das gotas e a manutenção da densidade em comparação com a testemunha. Isso reforça a idéia de uma melhor cobertura, pois, em se mantendo a densidade e aumentando-se o tamanho da gota que atinge o alvo, aumenta-se a área de cobertura, elevando-se a probabilidade do efeito do ingrediente ativo que alcança a cultura que está sendo tratada.

**TABELA 10** – Desempenho dos adjuvantes Fulltec®, Emultec plus® e Antideriva®, dentro de cada faixa climática.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Faixa A		Faixa B	
	DMV (µm)	Densidade (gotas cm <sup>-2</sup> )	DMV (µm)	Densidade (gotas cm <sup>-2</sup> )
Água	391a	14a	335a	24b
Fulltec	593b	16a	382a	28bc
Emultec plus	557b	14a	464ab	10a
Antideriva	558b	10a	548b	30c

<sup>(1)</sup> Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na faixa climática B, as diferenciações entre testemunha e adjuvantes são maiores. Nota-se que o produto Emultec plus® proporcionou aumento do DMV, porém, diminuiu a densidade de gotas no alvo artificial. Isso não implica em um menor efeito, pois se essas gotas maiores resistirem à evaporação

causando uma deposição maior de ingrediente ativo, pode-se ter um controle de pragas eficiente.

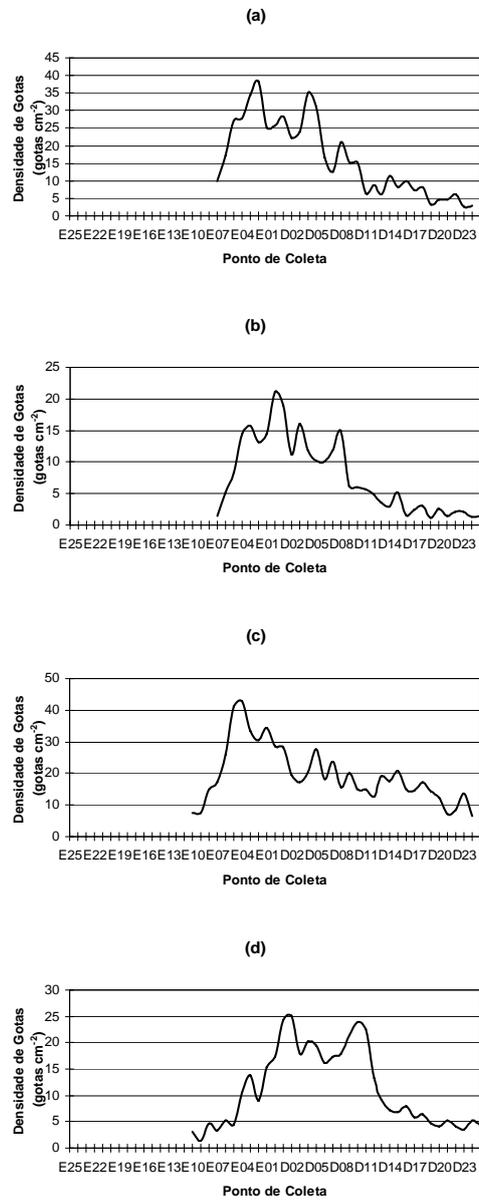
Os outros dois produtos, Fulltec® e Antideriva®, contribuíram com maior deposição, elevando o tamanho e a densidade das gotas, mostrando ter melhores resultados quando adicionados esses produtos, em vez de utilizar um defensivo misturado somente em água. Vale ressaltar que a utilização desses produtos com os variados defensivos deve ser recomendada no rótulo do produto ou por um profissional com competência para tal. Também, sempre devem ser seguidas as dosagens orientadas.

#### **4.3 Efeito dos adjuvantes em relação ao arraste de gotas pelo vento**

Observa-se, pela Tabela 10, que a adição de adjuvante na mistura da calda favoreceu o aumento do número de gotas depositadas no alvo em relação à aplicação da calda contendo somente com água. As maiores densidades de gotas foram obtidas quando da adição dos produtos Fulltec® e Antideriva®. Uma das considerações a serem abordadas para explicar esse fato seria a menor evaporação das gotas, provocada pela ação química desses adjuvantes à calda de pulverização.

Percebe-se também que a mistura de água + adjuvante diminuiu o arraste das gotas causado pelo vento, concentrando-as mais à esquerda, em relação ao centro da linha de vôo, e uniformizando as curvas de distribuição (Figura 21). Na busca de se reduzir a deriva e os efeitos negativos de contaminação ambiental, o emprego de adjuvante mostra ser uma ferramenta capaz de auxiliar nas pulverizações aéreas.

Esses resultados estão em conformidade com os resultados apresentados por Cunha & Carvalho (2005). Avaliando a distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes, estes autores concluíram que a adição de adjuvantes diminuiu o risco potencial de deriva das aplicações e



**FIGURA 21** – Faixa de deposição total dos adjuvantes Fulltec® (a), Emultec plus® (b), Antideriva® (c) e da água como testemunha (d).

aumentou a deposição de calda no alvo. Cabanne & Amine (2003) também alegam que a adição de adjuvantes à calda de pulverização pode reduzir a contaminação ambiental.

Os adjuvantes misturados à calda de pulverização produziram um espectro de gotas maior que a aplicação utilizando apenas água. Um DMV maior na deposição de calda adicionada com adjuvante deve-se, provavelmente, ao aumento da viscosidade desta calda. Isso porque os adjuvantes com especificações de redutores de deriva tendem a modificar suas propriedades. Esse aumento de viscosidade dificulta a fragmentação da gota, permitindo uma formação maior. Cunha et al. (2003), avaliando o efeito de um óleo vegetal emulsionável no espectro de gotas gerados por bicos de pulverização hidráulicos, concluíram que a adição desse óleo alterou o espectro de gotas pulverizadas, aumentando o diâmetro das gotas e diminuindo a percentagem de gotas propensas à ação dos ventos. Reforçam-se, assim, as melhorias da utilização de adjuvantes na calda para o controle de deriva.

#### **4.4 Largura de faixa efetiva**

A faixa efetiva foi determinada simulando-se as várias sobreposições da faixa total e procurando-se a faixa que produzia uma maior uniformidade de distribuição das gotas pulverizadas. O coeficiente de variação (CV) foi o parâmetro observado nesta determinação.

A faixa efetiva de aplicação é uma decisão tomada pelo coordenador de aplicação de defensivos. Cabe a ele determinar qual a melhor faixa a ser utilizada para cada aplicação de defensivos, considerando o tipo de aeronave, o sistema de pulverização utilizado, as condições climáticas e o produto aplicado.

A aplicação de água, como calda de pulverização, para os equipamentos, produtos e condições climáticas do ensaio realizado, favoreceu uma faixa com maior uniformidade com 32 metros, seguindo o mesmo sentido de vôo, em que

apresentou um coeficiente de variação de 15% (Figura 22).

Não se tem um limite de coeficiente definido para a escolha da uniformidade, entretanto, quanto menor for esse coeficiente, maior será a uniformidade da aplicação. Porém, uma faixa de 36 metros poderia ser adotada para aumentar a capacidade operacional do equipamento, sem alterar muito o CV.

Em sentidos alternados, o CV aumentou rapidamente quando se elevou a distância da faixa, tendo maior uniformidade de aplicação com faixa efetiva de 20 metros, o que corresponde um CV de 20 %.

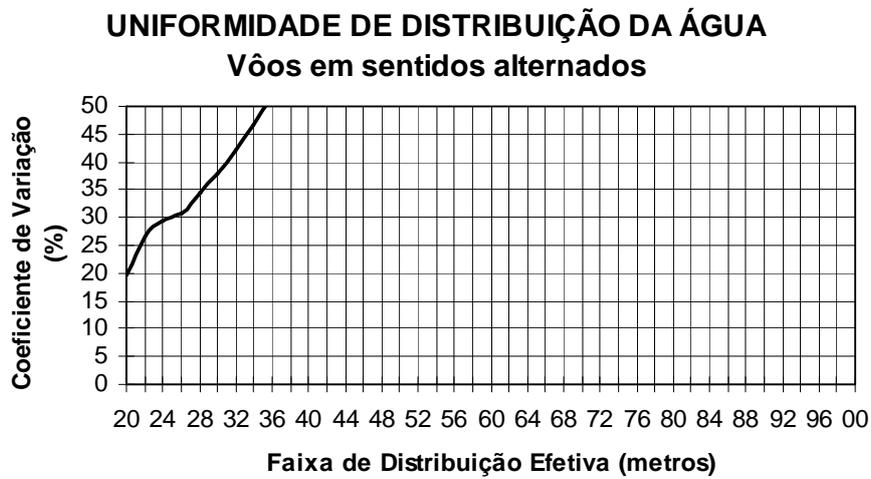
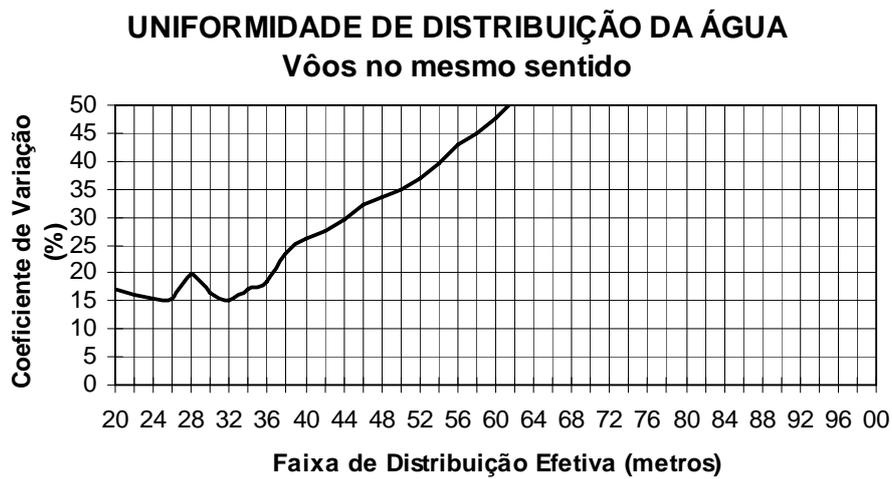
A aplicação com o adjuvante Fulltec® diminuiu a faixa efetiva com maior uniformidade em vôos no mesmo sentido, 30 metros com um CV de 20%. Mas, em vôos alternados, manteve a uniformidade da faixa efetiva com a mesma distância e CV da aplicação sempre seguindo o mesmo sentido de vôo (Figura 23). A faixa efetiva aplicada com o produto Fulltec® em sentidos alternados superou a faixa produzida com a aplicação da testemunha, também em sentidos alternados.

O produto Emultec plus® produziu uma faixa ideal com 32 metros (CV de 24%) no mesmo sentido de vôo, porém, diminuiu para 24 metros (CV de 20%) em sentidos alternados (Figura 24), o que foi satisfatório ao se comparar com a testemunha.

Com a aplicação do Antideriva®, pode-se atingir uma distância de 32 metros para uma faixa efetiva uniforme com CV de 20%, mesmo sentido de vôo e manteve a faixa alternando os sentidos, porém, aumentando a uniformidade, ou seja, diminuindo o CV para 15% (Figura 25).

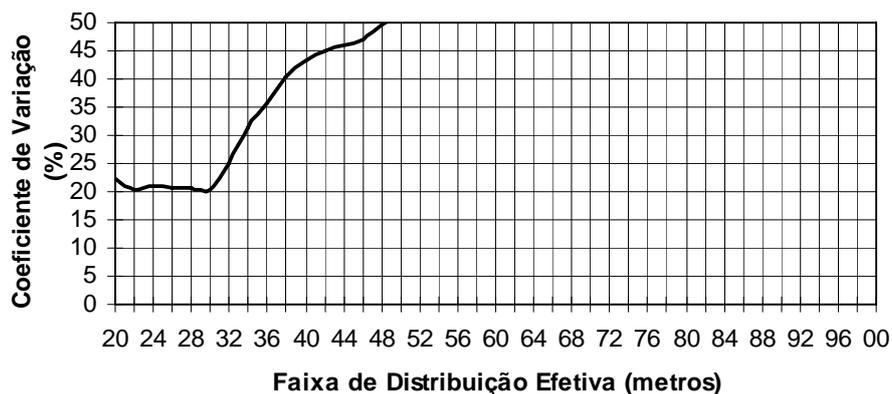
De modo geral, a adição de adjuvantes à calda de pulverização favoreceu uma maior uniformidade da faixa efetiva, tanto para os vôos do mesmo sentido quanto para os vôos em sentidos alternados, que foram os mais favorecidos. Essa uniformidade deve-se ao menor arraste de gotas pelo vento,

depositando maior número de gotas na parte central da faixa total. Martins et al. (2005) confirmam que quanto mais próximos estiverem os valores extremos, maior será a uniformidade de deposição de calda. Isso ocorreu quando ele utilizou o produto Aterbane na concentração de 0,5%, refletindo numa maior qualidade de aplicação.

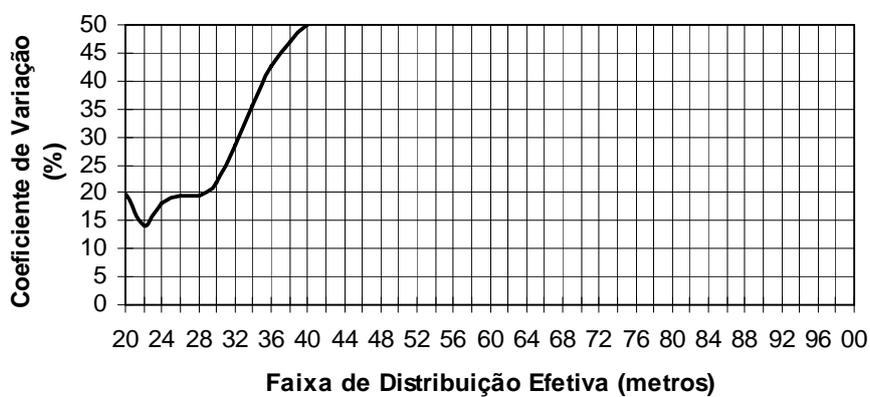


**FIGURA 22** – Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com água, em vôos no mesmo sentido e em sentidos alternados.

**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO FULLTEC**  
**Vôos no mesmo sentido**

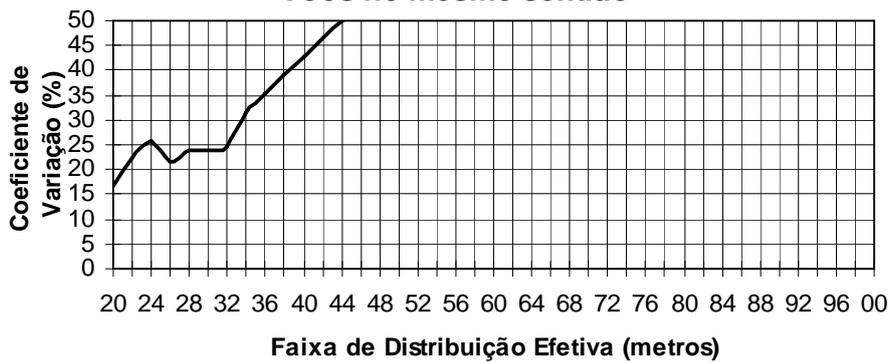


**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO FULLTEC**  
**Vôos em sentidos alternados**

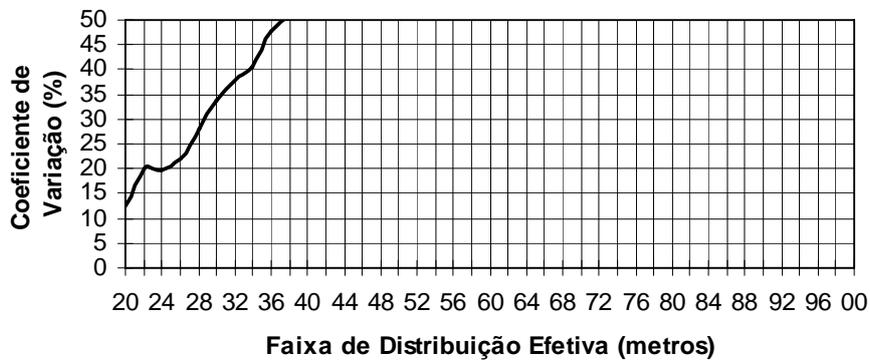


**FIGURA 23** - Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com o adjuvante Fulltec®, em vôos no mesmo sentido e em sentidos alternados.

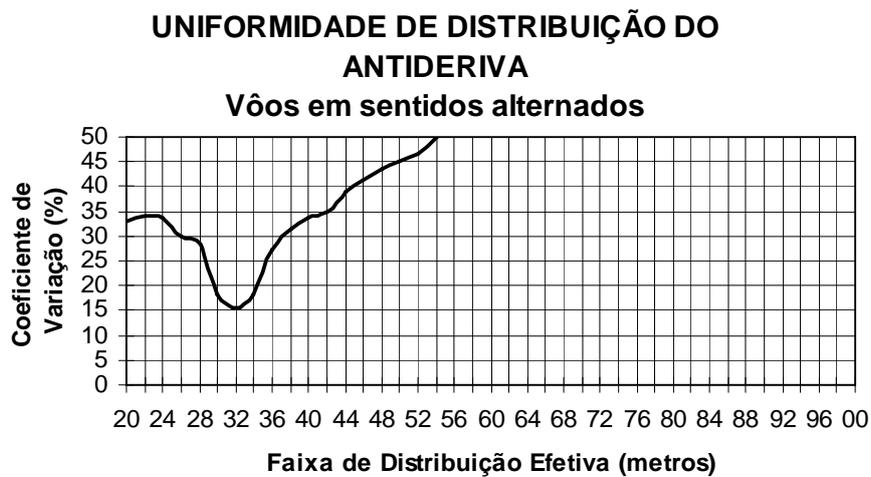
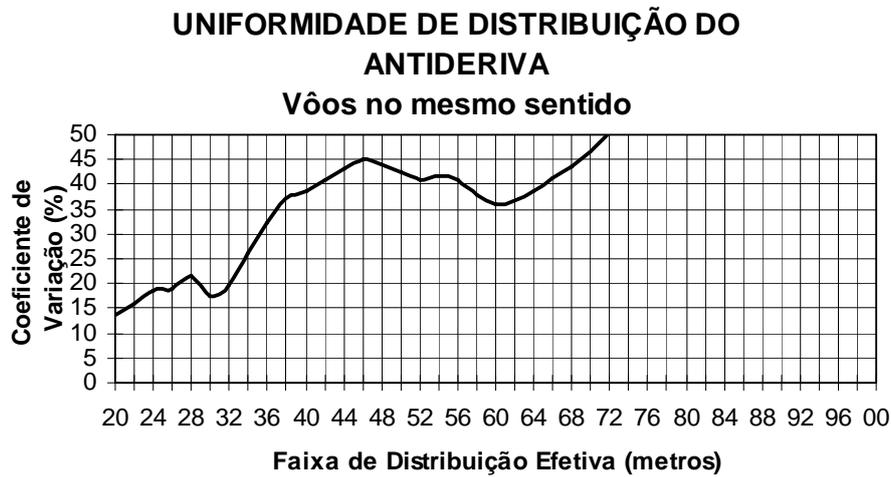
**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO  
EMULTEC PLUS  
Vôos no mesmo sentido**



**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO  
EMULTEC PLUS  
Vôos em sentidos alternados**



**FIGURA 24** - Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com o adjuvante Emultec plus®, em vôos no mesmo sentido e em sentidos alternados.



**FIGURA 25** - Uniformidade de distribuição das diversas faixas efetivas da aplicação com o adjuvante Antideriva®, em vôos no mesmo sentido e em sentidos alternados.

## 5 CONCLUSÕES

A mistura de adjuvantes na calda propiciou um aumento no tamanho de gotas e na variação da densidade, ocasionando melhor deposição quando se aumentou ou se manteve a densidade, e menor deposição quando se obteve menor densidade.

O uso de adjuvantes misturados à calda de pulverização influencia os níveis de deposição, tendo o produto Fulltec® e o Antideriva® proporcionado o maior nível de deposição, em condições climáticas mais elevadas (Faixa B).

Nas maiores temperaturas e menores umidades relativas, faixa B (temperaturas entre 18°C a 21°C e umidade relativa entre 66% a 50%), o maior efeito no nível de deposição foi caracterizado durante a aplicação de calda com adição de adjuvantes, com exceção do Emultec plus®.

A adição de adjuvantes à calda de pulverização em condições amenas de umidade relativa e temperatura (Faixa A) distinguiu em uma menor densidade de gotas depositadas no alvo, implicando numa menor qualidade da aplicação.

De modo geral, a aplicação de adjuvante misturado à calda de pulverização, quando comparada com a aplicação da testemunha, resultou em uma aplicação mais segura, com menor risco de deriva e contaminação ambiental.

A simulação da faixa de deposição efetiva operacional (“faixa efetiva”) com maior uniformidade de deposição foi obtida quando se adicionaram quaisquer dos adjuvantes, principalmente nos vôos de sentidos alternados.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os adjuvantes estudados mostraram resultados satisfatórios na deposição da calda. Sugerem-se, para próximos trabalhos, estudos sobre a influência do uso de adjuvantes no molhamento-espalhamento sobre alvos naturais e artificiais, a penetração das gotas na folhagem de culturas e os efeitos desses produtos em relação à translocação de defensivos sistêmicos na planta, bem como a interação física destes produtos com os ingredientes ativos dos defensivos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROLINK. **Aplicação de defensivos agrícolas**. 2006. Disponível em: <[http://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/artigos\\_pg\\_detalhe\\_noticia.asp?cod=43944](http://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/artigos_pg_detalhe_noticia.asp?cod=43944)>. Acesso em: 10 jul. 2007.
- ALBERT, L. H. B.; VICTORIA FILHO, R. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guaxumas. **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.5, p.888-899, set./out. 2002.
- ANTUNIASSI, U. R. **Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja**. Fundação Mato Grosso, Cuiabá, 2005. (Boletim de Pesquisa de Soja).
- ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T. V.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L.; FIGUEIREDO, Z. N.; BONELLI, A. P. O. Controle da ferrugem da soja através de aplicações aéreas e terrestres. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 92-95.
- ASAE. Agricultural Chemicals Application Committee. ASAE S386T – Calibration and distribution pattern testing of agricultural aircraft. Agricultural Engineers Yearbook, 1982. p. 265-267.
- CABANNE, F.; AMINE, T. L. Pine oil increases spray retention by oats. **Agronomie** **23**, p.747-753, 2003.
- CARVALHO, W. P. A. **Normas para calibração e distribuição de produtos aplicados por via aérea**. Sorocaba: Centro Nacional de Engenharia Agrícola, 1990. 22 p. (Apostila do Curso de Coordenação em Aviação Agrícola).
- CARVALHO, W. P. A. **Estudo comparativo entre métodos de amostragem de gotas para determinação de faixa de deposição nas aplicações de produtos líquidos**. Botucatu. 1995. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. O uso de bicos de pulverização para aplicações aéreas. **Revista Voar**, São Paulo, n. 61-A, p. 22-24, maio 1988. Edição Especial.

CONTIERO, R. L. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários: classes, propriedades e usos. In: COOPAVEL/COODETEC/BAYER CROPSCIENCE. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, III**. Cascavel: Coopavel/Coodetec/Bayer CropScience, 2005. p. 29-54. (Encontro Técnico, 10).

CORRÊIA, C. M. D. **Efeito de óleo de soja na persistência de endosulfan no ambiente**. 2005. p. 85. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CUNHA, J. P. A. R.; CARVALHO, W. P. A. Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 130-135, abr./jun. 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; RODRIGUES, G. J. Efeito do óleo vegetal emulsionável no espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sbea, 2003. p. 1-4.

CURRAN, W. S.; McGLAMERY, M. D.; LIEBL, R. A.; LINGENFELTER, D. D. Adjuvants for enhancing herbicide performance. **Agronomy Facts 37**. Penn State College of Agricultural Sciences, 1999. p 1-5.

CZARNOTA, M.; THOMAS, P. **Using surfactants, wetting agents, and adjuvants in the greenhouse**. Georgia: University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, 2006. 7 p. (Bulletin, 1314).

HELENA CHEMICAL COMPANY. **Adjuvants** - the history of adjuvants. Disponível em: <<http://www.helenachemical.com/proprietary/products/adjuvants/history.htm>> Acesso em: 10 jul. 2007.

HILLS, D. J.; WALLER, P. M. Lateral move chemigation of Lorsban- 4E on field com. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 534-538, 1989.

HOCK, W. K. **Horticultural spray adjuvants**. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 1998. p. 1-4. (Agrichemical fact Sheet, 10).

KOGAN, M. A.; PÉREZ, A. J. Adjuvantes: clases, propiedades y usos con herbicidas. In: \_\_\_\_\_. **Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción**. Santiago, Chile: Universidad Católica de Chile, 2003. p. 143-165.

LAWSON, H. Food oils and fats. In: CHAPMAN & HALL. **Technology, utilization and nutritional**. United States of America, 1995, Chap. 3, p. 15-27.

MAGIN, F. C. **Sensores de plataformas de coleta de dados**. 2007. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/marsp/sensores.shtml>>. Acesso em: 15 jul. 2007.

MARTINS, D.; TERRA, M.; CARBONARI, C.; NEGRISOLI, E.; CARDOSO, L.; TOFOLI, G.R. Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de *pistia stratiotes*. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 343-348, 2005.

NAKANO, O. **Contribuição ao estudo do comportamento de alguns organo-sintéticos quando adicionado de espalhantes adesivos**. 1969. p. 106. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Y. Ozeki, 2006. 101 p.

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Ciba Agro. [198-]. 45 p.

OZKAN, H. E. **New nozzles for spray drift reduction**. Ohio, USA: Universidade de Ohio-USA, 2000. (Boletim 816-00). Disponível em: <[ohioline.osu.edu/b816/b816\\_23.html](http://ohioline.osu.edu/b816/b816_23.html)>. Acesso em: 27 out. 2005.

PETROBRÁS DISTRIBUIDORA. **Catálogos de produtos**. OPPA, OPPA-BR-CE, 2006. Disponível em: <<http://www.br.com.br/portabr/pdf/especiais/oppa.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

PILLAR, V. D. **Clima e vegetação**. Porto Alegre: UFRGS. Departamento de Botânica, 1995. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 15 jul. 2007.

QUANTICK, H. R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. Collins, London, 1985. 428p.

RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D.; LIMA, J. D. C. V.; BETTINI, P. C.; YANAI, K.; GADANHA JR., C. D.; MINATEL, E. Acurácia de um programa de computador na determinação de parâmetros da pulverização sobre papéis hidrossensíveis. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 1-4.

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1999/2000. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 27., 1999, Chapecó. **Anais...** Chapecó, SC: Epagri/CPPP, 1999. 167 p.

SANTOS, J. M. F. Deriva e volatilização em aplicações de defensivos agrícolas. **Revista Voar**, São Paulo, n. 61-A, p. 30-33, maio 1988. Edição Especial.

SCHMIDT, W. **Uso de óleos sem surfactantes na aplicação de clorpirifós via insetigação na cultura de milho**. 2003. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando a minimização de contaminação ambiental**. 2003. 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S. Avaliação de circuito eletrônico para medição de temperatura em instalações agrícolas por meio da porta paralela de um computador. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 335-343, maio/ago. 2006.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M. et al. **Weed control methods handbook**, the nature conservancy. 2003. p. 1-24

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992. 374p.

UNDERWOOD, A. K. Adjuvant trends for the new millennium. **Weed Technology** v. 14, n. 4, p. 765-772, 2000.

VELINE, E. D. Métodos experimentais. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 54-64.

VIANA, P. A. **Quimigação – Insetigação**. Textos entomológicos. 2006. Disponível em: <<http://www.uesb.br/entomologia/quimigac.htm>>. Acesso em: 10 out. 2006.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 448p.

VIEIRA, R. F. Quimigação e fertigação. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 221-266.

WITT, J. M. **Agricultural spray adjuvants**. Ithaca, NY: Cornell University, 2001. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/gen-peapp-adjuvants.html>>. Acesso em: 10 out. 2006.